

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1956

THÈSE

879

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Bernard CHEREST

Né le 10 avril 1923, à Paris (8^e)

Présentée et soutenue publiquement le

195

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU BRUIT

CONSÉQUENCES PHYSIOPATHOLOGIQUES
DÉDUCTIONS PRATIQUES

Président : M. DEPARIS, Professeur

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1956



Digitized by the Internet Archive
in 2026

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1956

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Bernard CHEREST

Né le 10 avril 1923, à Paris (8^e)

Présentée et soutenue publiquement le

195

**CONTRIBUTION A
L'ETUDE DU BRUIT**

CONSÉQUENCES PHYSIOPATHOLOGIQUES
DÉDUCTIONS PRATIQUES

Président : M. DEPARIS, Professeur

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1956

DOYEN HONORAIRE :

M. Baudouin

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Baudouin, Bénard (H.), Cadenat, Carnot, Chabrol, Champy, Chevassu, Delbet, Donzelot, Gastinel, Guillain, Halphen, Harvier, Laroche (G.), Laubry, Lemaître, Lemierre, Lévy-Solal, Lhermitte, Lian, Loeper, Marion, Mathieu, Mocquot, Mondor, Mulon, Olivier (E.), Ombrédanne, Sannié, Sézary, Tanon.

DOYEN Léon BINET

Membre de l'Institut

ASSESEUR Jean VERNE

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	CORDIER (G.)
Anatomie pathologique	DELARUE (A.)
Bactériologie	N...
Biologie appliquée à l'Education physique et aux sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	VERNE (J.)
Cancérologie médicale et sociale	N...
Carcinologie	OBERLING (C.)
Chimie médicale	JAYLE (M.-F.)
	BROCC (P.)
Cliniques chirurgicales	DE GAUDART-D'ALLAINES (F.)
	N...
	QUÉNU (J.)
Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique	MERLE D'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de cardiologie	MOUQUIN (M.)
Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie	FÈVRE (M.)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire	MONOD (R.)
Clinique de la tuberculose	BERNARD (Et.)
Clinique de neuro-chirurgie	PETIT-DUTAILLIS (D.)
Clinique de puériculture	LELONG (M.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	DEGOS (R.)
Clinique des maladies du sang	CHEVALLIER (P.)
Clinique des maladies du système nerveux	ALAJOUANINE (T.)
Clinique des maladies des enfants	DEBRÉ (R.)
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale	DELAY (J.)
Clinique gynécologique	FUNCK-BRENTANO (P.)
	N...
Cliniques médicales	N...
	MOREAU (R.)
	DE GENNES (L.)
Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Clinique médicale propédeutique	PASTEUR VALLÉRY-RADOT (L.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition	BOULIN (R.)
	LANTUÉJOUL (P.)
Cliniques obstétricales	N...
	LACOMME (M.)
Clinique ophtalmologique	VELTER (E.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	AUBIN (A.)
Clinique physio-pathol. des problèmes alimentaires	RICHTER (C.)
Clinique psychiatrique infantile	HEUYER (C.)
Clinique rhumatologique et sociale	COSTE (F.)
Clinique stomatologique	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale	SÉNÈQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale	LEMAIRE (A.)
Clinique urologique	FÉY (B.)



	MM.
Embryologie	GIROUD (A.)
Génétique médicale	LAMY (M.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	N...
Histologie	N...
Hygiène et clinique de la première enfance	CATHALA (J.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (C.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIÉDELIEVRE (R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	MÉNÉGAUX (G.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LENÈGRE (J.)
Pathologie humorale et immunologie expérimentale (chaire à titre personnel)	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	BARIÉTY (M.)
Pathologie et thérapeutiques générales	GARCIN (J.)
Pédiatrie sociale	MARIE (J.)
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD (R.)
Physico-chimie médicale (chaire à titre personnel)	DOGNON (A.)
Physiologie	BINET (L.)
Physique médicale	STROHL (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale	MOULONGUET (P.)
Thérapeutique	TURPIN (R.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE MAITRES DE CONFERENCES-AGREGES ET AGREGES

	MM.		MM.
Anatomie	{ DELMAS (A.) <i>pr. s. ch.</i> DEBEYRE (J.) OLIVIER N...	Obstétrique	{ MORIN (P.) RAVINA (J.) N... N...
Anatomie pathologique	{ GAUTHIER-VILLARD (Mlle P.) <i>pr. s. ch.</i> BUSSER (F.) GOUYGOU (Ch.)	Ophthalmologie	{ DESVIGNES (P.) N...
Bactériologie	{ NÉVOT (A.) N...	Orthopédie	JUDET (R.)
Biochimie médicale	{ ETTORI (J.) <i>pr. s. ch.</i> N... N...	Oto-rhino- laryngologie	{ AUBRY (M.) MADIURO (M.)
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.)	Parasitologie	{ CHABAUD (A.) N... ABOULKER (P.) BAUMANN (J.) GOSSET (J.) LAURENCE (G.) LORTAT-JACOB (J.) OLIVIER (Cl.) POILLEUX (F.) VERNE (J. M.) N... N... N... N... N... N... N...
Dermato- Syphiligraphie	DUPERRAT (F.)	Pathologie chirurgicale	{ N... N... N... N... N... N... N... N... N...
Embryologie	TUCHMANN	Pathologie expérimentale	{ N... N... BERNARD (J.) BOUDIN (G.) CASTAIGNE (P.) CONTE (M.) DOMART (A.)
Histologie	{ BULLIARD (H.) <i>pr. s. ch.</i> N... N...	Pathologie médicale	{ BERNARD (J.) BOUDIN (G.) CASTAIGNE (P.) CONTE (M.) DOMART (A.)
Hydrologie	N...		
Hygiène	{ BOYER (J.) <i>pr. s. ch.</i> DEPARIS (M.) <i>pr. s. ch.</i>		
Maladies infectieuses	N...		
Médecine légale et du travail	{ DEROBERT (L.) <i>pr. s. ch.</i> GAULTIER (M.) HADENGUE (A.) N...		
Neurochirurgie	DAVID (M.)		
Neurologie	N...		
Obstétrique	{ GRASSET (J.) LEPAGE (F.) MERGER (R.)		

	MM.		MM.
Pathologie médicale . . .	LAMOTTE (M.)	Physiologie . . .	BARJETON (D.) <i>pr. s. ch.</i>
	LAROCHE (Cl.)		PARROT (J.) <i>pr. s. ch.</i>
	MILLIEZ (P.)		DEJOURS (P.)
	PÉQUIGNOT (H.)	Physique médicale . . .	DJOURNO (A.) <i>pr. s. ch.</i>
	PERRAULT (M.)		GOUGEROT (L.) <i>pr. s. ch.</i>
	RAMBERT (P.)	Pneumo- Phtisiologie . .	KREIS (B.)
	THIEFFRY (St.)		
	TURIAP (J.)	Psychiatrie . .	N...
	N...	Psychiatrie infantile . .	MICHAUX (Z.)
	N...	Rhumatologie . .	N...
Pédiatrie . . .	JOSEPH (R.)	Stomatologie . .	CHAPUT (Mme A.)
	N...		CERNÉA (P.)
	N...	Thérapeutique .	N...
Pharmacologie	CHEYMOL (J.) <i>pr. s. ch.</i>	Urologie	KUSS (R.)
	LÉVY (Mlle J.) <i>pr. s. ch.</i>		

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

	MM.		MM.
Clinique chirurgicale . .	AMELINE (A.)	Clinique médicale . . .	HAGUENAU (M.) <i>pr. s. ch.</i>
	HUGUIER (J.)		HAMBURGER (J.)
	LÉGER (L.)		KOURILSKY (R.)
	PADOVANI (P.)	Clinique obstétricale . .	MARCHAL (G.)
	PATEL (J.)		SOULIÉ (E.)
	ROUX (M.)		ESCALE (G.)
	RUDLER (J. C.)	Clinique ophtalmologique	MAYER (M.)
Clinique médicale . . .	SICARD (A.)		VARANGOT (J.)
	BROUET (G.)	Clinique urologique . .	COUVELAIRE (R.)
	N...		
	DECOURT (J.)		
	DREYFUS (Gilbert)		
	FAUVERT (R.)		

Secrétaire général de la Faculté M. MOREL (J.)
 Secrétaire Mlle CHAINTREUIL (G.)

Conservateur, chargé de la direction M. le Docteur HAHN (A.)
 Conservateur Mlle GOICHON
 Bibliothécaires } Mlles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.)
 } LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA FEMME

A MES PARENTS

A MA FAMILLE

A MES AMIS

En témoignage d'affection et de reconnaissance pour leur aide.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR JOANNON

Professeur de la Chaire d'Hygiène et de Médecine Préventive
à la Faculté de Médecine de Paris

Dont l'enseignement passionné et passionnant inculquerait la vocation médicale et sociale à qui ne l'aurait pas.

Nous le prions de croire à notre profonde admiration et à notre reconnaissance pour tout ce qu'il nous a appris.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DEPARIS

Professeur sans Chaire à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin des Hôpitaux

Qui a bien voulu nous aider de ses judicieux conseils et nous encourager par sa bienveillance et qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre thèse.

Qu'il trouve ici l'expression de nos plus vifs remerciements et l'assurance de notre respectueux dévouement.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BOYER
Professeur sans Chaire à la Faculté de Médecine de Paris
Inspecteur Général des Services Techniques d'Hygiène
de la Préfecture de Police

*Dont les cours et les ouvrages ont une
large part dans notre formation médicale.
Qu'il veuille bien croire à notre très sin-
cère et très profonde gratitude.*

A MADAME LE DOCTEUR CORRE-HURST
Chef des Travaux Pratiques d'Hygiène et de Médecine Préventive

*Qui a grandement contribué à nous faire
comprendre l'Hygiène.
Qu'elle accepte nos respectueux homma-
ges et nos sentiments les plus reconnaissants.*

A TOUS LES MAITRES DE CONFÉRENCE
ET CHARGÉS DE COURS
DE LA CHAIRE D'HYGIÈNE ET DE MÉDECINE PRÉVENTIVE

*Avec tous nos remerciements pour leurs
conférences qui nous ont été et nous reste-
ront toujours très précieuses.*

*« Qui frappe l'air, bon Dieu, de ces lugubres cris ?
Est-ce donc pour veiller qu'on se couche à Paris ? »*
(BOILEAU)

CHAPITRE I

Introduction

La mécanisation qui envahit progressivement tous les secteurs de l'activité humaine, qu'il s'agisse de travail ou de distractions, s'accompagne inévitablement d'une augmentation rapide du bruit dans toutes les agglomérations urbaines. Le citadin s'accoutume si bien à vivre dans un milieu bruyant, que souvent il n'en perçoit plus les manifestations. Cette accoutumance est nette, par exemple chez les riverains d'artères très animées, de lignes de métro aérien, de voies ferrées.

Cependant le bruit, « assemblage de sons divers abstraction faite de toute harmonie », ne saurait être impunément supporté par l'organisme humain. Vivre en milieu bruyant entraîne inévitablement une série de perturbations fonctionnelles puis lésionnelles, les unes localisées à l'appareil auditif — témoin les surdités professionnelles —, les autres plus généralisées, neuropsychiques d'abord, organiques ensuite, mais toujours susceptibles de créer des états pathologiques plus ou moins profonds et durables.

Devant cette menace, cliniciens, otolaryngologistes, neurologues, médecins du travail, hygiénistes, urbanistes, architectes ont entrepris des études susceptibles de démontrer actuellement d'une part la nuisance certaine du bruit sur l'être humain, d'autre part, l'existence de moyens de protection, dont il s'agit maintenant d'obtenir l'application.

Certes, il ne saurait être question d'établir un silence total. Le bruit est chose naturelle, nécessaire, l'existence même d'appareils auditifs chez les êtres vivants le prouve.

Notre sens auditif nous sert, tout d'abord, à comprendre nos semblables par l'intermédiaire de mots ; les mots sont ici considérés comme des symboles.

Il nous permet ensuite de réagir à certains sons ou bruits existant dans la nature (bourdonnement d'abeille, par exemple), ou produit de la civilisation (sifflet de gardien de la paix). L'audition remplit ainsi une fonction de signal.

Enfin, dans la ville ou en pleine campagne, nous sommes entourés par des bruits. Ces bruits de fond nous font savoir inconsciemment que nous sommes dans un monde vivant, et ils contribuent à notre propre sensation d'exister, à la connaissance que nous sommes une part intégrante du monde vivant.

C'est cette dernière notion qui est la plus marquante, et sa perte entraîne des troubles importants chez les sourds.

Il est certain que la perte de communication avec ses semblables isole le sourd, mais c'est surtout la destruction de cette audition primitive du « bruit de la vie » qui l'affecte le plus et le place dans un monde d'angoisse et d'insécurité.

Le sourd total éprouve la sensation d'évoluer dans un monde mort et cette sensation retentit sur son affectivité, crée des névroses et peut aboutir à un véritable état de mélancolie.

Il n'est donc pas souhaitable, ni d'ailleurs possible, de supprimer totalement le bruit, c'est-à-dire un certain bruit de fond diffus, sur lequel de temps en temps une note domine : c'est un avertissement, une incitation, une indication, au même titre que les autres phénomènes sensoriels. Mais passée une limite donnée d'intensité, de qualité, de rythme, il devient nocif et doit être réduit.

Le bruit est à la maison, il est dans la rue : il est à l'usine, à l'atelier, voire au bureau : c'est alors un problème de médecine du travail. Dans tous les cas, il s'agit d'orienter la lutte dans deux directions :

— *d'abord, réduire le bruit* : il est hors de doute que les Français sont plus bruyants que les Anglais, et qu'ils le sont moins que les Italiens : cette réduction se fait donc d'abord par une éducation du public, organisée et persévérante, et un respect du confort du voisin ; elle se fait ensuite par un équipement particulier qui diminue le bruit, ou le remplace par une signalisation lumineuse, par exemple ;

— *ensuite, se protéger* contre les bruits inévitables, par une insonorisation généralisée de tous les locaux, d'habitation et de travail.

Nous nous proposons ici d'étudier les modalités d'application des diverses mesures susceptibles de réduire le bruit et d'en protéger l'individu. Mais, auparavant, il nous faudra évidemment replacer cette question pratique dans son contexte à la fois matériel ou physique, et humain, physiologique et pathologique — ces deux aspects ne pou-

vant être dissociés. Il est bien évident qu'il n'existe pas de mesure absolue, objective, de la nocivité du bruit, bien toléré par l'un, mal supporté par l'autre. L'élément subjectif et individuel joue ici un rôle de premier plan.

* *

Nous envisagerons donc successivement :

- les caractéristiques physiques du bruit ;
 - le rôle nocif du bruit dans la vie courante ;
 - le retentissement physio-pathologique du bruit sur l'organisme ;
 - enfin, les déductions pratiques à tirer des éléments précédents, c'est-à-dire les moyens de lutte contre le bruit, qui vont d'une meilleure discipline volontairement consentie, à la contrainte par une législation renforcée ; d'un équipement remplaçant chaque fois que possible le signal sonore par d'autres moyens avertisseurs, lumineux surtout, à la construction de bâtiments insonorisés. On voit que la lutte contre le bruit emprunte des moyens fort divers, dont seule l'application conjointe sera pleinement efficace.
-

CHAPITRE II

Etude physique

Il est évidemment difficile, dans une étude comme la nôtre, de dissocier totalement le bruit, en tant que phénomène physique, de sa perception, en tant que phénomène physiologique. Si donc nous entreprenons d'abord une étude physique du bruit, c'est évidemment compte tenu du seuil de perception de l'onde vibratoire, encore que, nous le verrons, les ultra-sons, les infra-sons et les ondes super-soniques jouent dans les effets nocifs du bruit un rôle nullement négligeable.

BUGARD a, en effet, montré que l'étude du comportement de l'homme soumis à l'action des vibrations mécaniques se transmettant dans l'air ou dans les solides prouve que, l'oreille étant sensible à certaines fréquences acoustiques, l'ensemble de l'organisme possède également des récepteurs sensibles aux vibrations mécaniques : ceci étant dit pour que l'on situe bien les ondes dites sonores, c'est-à-dire perçues par l'oreille, dans un vaste éventail d'ondes non perçues, mais n'en exerçant pas moins des effets physiologiques, voire pathologiques.

Nous consacrant aux MÉFAITS DU BRUIT, nous n'avons donc à nous occuper que des sons perçus par l'oreille et le cortex cérébral ; encore laissons-nous de côté le son pur, musical, en tant que tel.

Le son est caractérisé par son intensité, sa hauteur et son timbre.

L'intensité, qui différencie un son fort d'un son faible, est représentée physiquement par l'amplitude plus ou moins grande des vibrations.

La hauteur, son aigu ou grave, dépend du nombre de vibrations exécutées en une seconde par le corps sonore, autrement dit de la fréquence.

Le timbre nous permet de distinguer deux sons d'égale intensité et de même hauteur rendus par deux instruments différents ; il provient de la superposition de plusieurs harmoniques au son principal.

Cette dernière qualité du son n'a d'importance qu'en musique et en phonétique et doit être laissée de côté dans une étude sur le bruit.

Pour une fréquence définie (f), comprise entre 16 et 20.000 périodes par seconde, le son ne sera perceptible que si son intensité est supérieure à un minimum I_0 dit seuil de perception : au delà d'une certaine intensité I_m , dit seuil du toucher, la sensation sonore devient douloureuse, et entre dans le domaine de la perception tactile indiquée plus haut.

La loi de WEBER-FECHNER énonce que la sensation S croît comme le logarithme de l'excitation, donc varie avec l'intensité I du son :

$$S = S_0 \log. \frac{I}{I_0}$$

On exprime l'intensité I du son en *Bels*, et la sensation S produite par le son sera calculée comme suit :

$$S = \log_{10} \frac{I}{I_0} \text{ Bels} \qquad S = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \text{ décibels}$$

On peut également exprimer l'intensité sonore en puissance par unité de surface, en milliwatts par cm^2 , ou encore par sa pression acoustique, en la chiffrant en baryes ou en dynes par cm^2 . Il est très important de pouvoir mesurer la fonction auditive, cela par comparaison avec un niveau de référence arbitrairement fixé à la puissance correspondant au seuil d'audition le plus bas, pour une fréquence de 1.000 périodes par seconde, niveau de référence correspondant à 1×10^{-16} watts par cm^2 , ou à une pression acoustique de 2×10^{-4} dynes par cm^2 , ce qui donne la définition du *phone* (1).

Dans la loi de WEBER-FECHNER, intervient le seuil d'audibilité, variable d'un sujet à l'autre ; aussi la valeur choisie comme niveau de référence est fixe : malheureusement, en l'absence d'accord international réglant ce niveau, on constate des décalages entre les échelles utilisées dans les différents pays (MAULME).

Le décibel peut cependant être défini comme la plus petite modification d'intensité physiologique susceptible d'être décelée par l'oreille, et correspond à une variation de l'intensité du son de 26 % dans le sens de l'augmentation :

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10} \frac{I}{I_0} &= \frac{1}{10} \\ I &= 1,26 I_0 \end{aligned}$$

(1) Le *phone* constitue une unité trop rigide pour la physiologie auditive. Le pouvoir de discrimination entre deux sons d'intensités voisines varie en effet suivant l'intensité. On a trouvé environ 120 échelons entre le seuil d'audition et le seuil de douleur et on a pu fixer ainsi une unité en progression logarithmique, le décibel, mieux adapté aux possibilités de l'oreille.

entre 80 et 50, moyens entre 50 et 35, légers de 30 à 25, très légers au-dessous.

Partant de ces impressions subjectives inséparables de l'appréciation du niveau sonore, M. CABARAT établit comme suit la définition des bruits tolérables :

Bureaux	30-45 phones
Théâtres, églises, cinémas	20-30 phones
Appartements	15-20 phones
Hôpitaux	12-15 phones

* *

Mais à cette estimation physique, et aussi subjective des bruits, il faut ajouter leur nature et mode de propagation, bruits réfléchis, bruits transmis.

— LA TRANSMISSION AÉRIENNE caractérise un grand nombre de bruits, ceux de l'extérieur, de locaux de travail, mais aussi de l'habitation. Ici, intervient une loi physique : dans la propagation des bruits aériens, la quantité d'énergie qui traverse une ouverture est indépendante de la fréquence, mais proportionnelle à sa surface. Par ailleurs, l'oreille est moins sensible aux fréquences et aux niveaux extrêmes ce dont on saura tirer parti dans la protection contre le bruit dans le bâtiment.

— LES BRUITS SONT ÉGALEMENT TRANSMIS PAR CONDUCTION, cette transmission dépendant beaucoup de l'élasticité des matériaux. Le bruit transmis par conduction dans une chambre provient des bruits de la rue, transmis par le sol et les fondations : des bruits d'impact transmis par la structure du bâtiment, ou par les tuyauteries d'eau, de chauffage central ; des vibrations engendrées par les moteurs et transmises par la structure.

— LE BRUIT ENFIN PEUT ÊTRE TRANSMIS PAR LES PAROIS, car toute énergie acoustique transmise par voie aérienne, ou par conduction, peut mettre en vibration la cloison d'un appartement ainsi transformée en source secondaire d'énergie sonore : effet de diaphragme de la cloison qui agit à la façon d'une peau de tambour (CABARAT). Pour la fréquence de résonance de la cloison, l'énergie transmise atteint son maximum avec les sons graves et diminue avec l'augmentation de la masse de la cloison.

* *

G. BLUMENAUER distingue, lui, entre sons transmis et sons réfléchis :

— LES BRUITS TRANSMIS sont ceux qui se propagent autrement que par voie aérienne, par les parties solides de la construction. Des ondes

sonores peuvent être émises en un seul point du bâtiment, et propagées en de nombreux points ; il peut également se produire ainsi des ondes vibratoires non audibles, mais créant une sensation d'inconfort pour les habitants. Les riverains de lignes souterraines de métro connaissent cette perception non auditive des vibrations.

— LES BRUITS RÉFLÉCHIS se comportent différemment selon que la salle est dite de bon ou de mauvais acoustique. Dans toute pièce d'habitation ou de travail, les ondes sonores émises traversent le milieu élastique, surtout aérien, jusqu'à ce qu'elles rencontrent un obstacle, mur, plancher, plafond, meuble. Si l'obstacle possède des surfaces réfléchissantes, les ondes sonores s'y heurtent et refont en sens inverse le premier trajet, en plus affaiblies, mais en renforçant les ondes sonores suivantes. On sait combien une pièce nue, sans tapis ni rideaux, non encore meublée, est « sonore ». On voit toute l'importance du choix de substances absorbantes en ce qui concerne le revêtement des murs, l'agencement de la pièce, cela dans les lieux d'habitation comme de travail.

Nous venons de considérer les bruits dans la gamme des ondes sonores, c'est-à-dire perceptibles par l'oreille humaine moyenne. Mais, de même que l'on parle de lumière noire, l'on doit parler des « bruits non audibles », infra et ultra-sons, qui ont cependant leur importance et dans le rôle de nuisance du bruit (sous une forme inapparente, et peut-être d'autant plus dangereuse), et dans la protection à leur opposer.

Le champ d'audibilité est compris entre les fréquences de moins de 20 à près de 20.000 périodes par seconde. En deçà, au delà de ces limites, il existe évidemment des ondes vibratoires, qui peuvent être perçues par d'autres organes sensoriels que l'oreille. Tels sont les ultra-sons, qui se situent au delà de la fréquence de 20.000 périodes par seconde. Citons les infra-sons, au-dessous de 16 périodes par seconde, et qui ne sont pas utilisés.

Les ultra-sons sont produits, sans être recherchés, par bien des moteurs. Ils sont émis par tout axe tournant sur un coussinet mal graissé, « prêt à gripper ». Ils sont expérimentalement créés par magnéto-striction, par variations de longueur d'un noyau de fils de nickel placé dans une bobine parcourue par un courant de haute fréquence ; ou encore, par les effets du quartz piézo-électrique (LANGVIN).

CALVET a réalisé avec LUBSINSKY un appareil permettant d'explorer toute la gamme des vibrations ultra-soniques et leur transmission par les solides et dans les différentes parties du corps humain. Il a été ainsi possible de détecter les ultra-sons émis par exemple par un moteur d'avion dont jusqu'ici on ne tenait compte que des ondes

sonores, perceptibles, et dont on se protégeait uniquement. L'exposition inconsidérée aux ultra-sons entraîne des troubles auriculaires importants, perte pour les graves et suraudition pour les aigus dans un premier stade, suraudition pour les graves et perte pour les aigus dans un second stade, perte progressant des aigus vers les graves et s'accroissant des graves vers les aigus. Fait curieux, ces divers stades se succèdent à un rythme plus rapide chez les sujets antérieurement exposés aux ultra-sons puis soustraits à eux, que chez ceux qui continuent à les subir.

L'expérimentation montre que les effets biologiques des ultra-sons sont loin d'être négligeables (laissons de côté les effets thérapeutiques de ces ondes, qui connaissent des indications précieuses et des succès très appréciables). On peut chez le cobaye provoquer des manifestations vestibulaires, à partir d'une dose de 1.5 W. cm^2 : à doses plus fortes, des troubles neurologiques, obnubilation, torpeur, coma, apparition d'un rythme de Cheynes-Stokes ; de l'hypoacousie à doses massives, et des altérations histologiques très nettes.

Nous nous excusons d'insérer au cours d'une étude physique ces données physio-pathologiques, mais nous en finissons ainsi avec les ultra-sons qui devaient être cités, mais qui dépassent quelque peu le sujet de notre travail.

Il en sera de même des ondes supersoniques, dont nous voudrions signaler la nature et les effets au cours des expériences de « franchissement du mur du son ». Mais c'est là certainement une éventualité appelée à se multiplier, voire à passer dans la pratique quotidienne, et qui, à ce titre, se rattache à la question qui nous occupe.

Etant supposé un air ambiant immobile, d'une température uniforme — ceci pour ne pas compliquer les données du problème —, un avion qui se déplace à la vitesse du son ou plus rapidement encore, vitesse qui est, au niveau de la mer et à 20° C de 316 mètres seconde, soit 1.140 km/heure, on désigne la vitesse de cet avion en Mach : 1 Mach pour environ 1.200 km heure. En traversant les ondes vibratoires ainsi créées, et qui se propagent en toutes directions selon une distribution en rayons, l'avion va rencontrer également des ondes qui se coupent, donc dont la puissance s'accroît selon l'effet Doppler. Les cercles successifs de pression de l'air poussé par l'appareil deviennent tangents à une ligne qui s'écarte de leur source selon un certain angle ; les cercles se renforçant les uns les autres et s'entrecoupant donnent lieu à des perturbations plus importantes dites ondes de choc. L'angle formé par l'onde de choc et la direction du vol est dit angle Mach, et varie inversement avec la vitesse de l'avion.

L'onde de choc peut être comparée au souffle d'une forte détonation : même origine d'un centre de forte compression ; trajet d'abord

supersonique, puis à vitesse sonique ; évolution triphasique de surpression initiale, décompression, enfin recompression jusqu'à la normale, cette succession s'effectuant en 0,1 seconde. Mais déjà à une distance de 1.500 mètres l'effet est faible.

Le choc supersonique est relativement inoffensif, et jusqu'ici on n'a enregistré que des bris de vitres et quelques cas de grande frayeur. Il est cependant raisonnable de penser que l'exposition répétée et chronique de la population au choc supersonique risque d'avoir des répercussions physio-pathologiques locales et générales au même titre, mais dans de plus fortes proportions, que les autres traumatismes sonores. C'est pourquoi nous avons voulu le faire figurer dans notre étude, à titre d'anticipation.

Délaissant maintenant l'aspect purement physique du bruit, nous allons voir comment il peut être nuisible dans la vie courante à toutes les catégories de personnes et essayer de prouver dans la suite la réalité de cette affirmation.

CHAPITRE III

Rôle néfaste du bruit dans la vie courante

Nous nous proposons d'étudier au chapitre suivant le mécanisme physio-pathologique par lequel le bruit devient nocif pour l'équilibre organique. Auparavant, nous voudrions souligner quelques faits d'observation courante et insérer en préambule une note très curieuse et très ancienne, qui nous a été aimablement communiquée par un ami respecté, M. Eugène CANSELIET, et qui contribue à démontrer la puissance des sons, surtout quand il s'y ajoute un phénomène de résonance.

MORHOSIUS (Daniel-Georgius). — *Epistola de Scypho vitreo per certum humanae vocis sonum rupto*, ad Johannem-Danielem MAIOREM, Kiloni, 1672. In libro Georgii-Gaspari KIRCHMAIERI : *De Phosphoris et Natura Lucis*, Wittebergae, 1680.

MORHOF (Daniel-Georges). — *Lettre sur un vase de verre brisé par un certain son de la voix humaine*, à Jean-Daniel MAJOR, Kiel, 1672. Dans le livre de Georges-Gaspard KIRCHMAIER : *De la Nature du Phosphore et de la Lumière*, Wittemberg, 1680 (1).

Cum superiore anno Amsterdami viverem, perveni ad notitiam Iodoci Plumeri, qui celebris ejus loci bibliopola est. Is primus nescio qua data occasione de CENopola quodam Nicolao Pettero, habitante in platea de Princen Gracht dicta, sub insigni in de Gustavsburg, qui scyphos vitreos voce sua rumpere possit, mihi narrabat. Cum mirum id mihi ac in solem videretur, urgere bibliopolam non

Lorsque, l'an dernier, je séjournais à Amsterdam, je fis la connaissance de Jodocus Plumer, qui est un libraire renommé de cette ville. Celui-ci, le premier, je ne sais plus à quelle occasion se présentant, me rapportait, d'un certain cabaretier Nicolas Petter, habitant sur la place dite du Prince Gracht, sous l'enseigne de Gustavsburg, qu'il peut briser, avec sa voix, des vases de verre. Comme cela me semblait merveilleux et publicitaire, je ne cessai pas de presser le

(1) J.-D. MAJOR fut un célèbre médecin allemand. Dans l'un de ses ouvrages : *Prodromus a se inventae chirurgiae infusoriae ; Prodrome de l'infusion par elle-même, découverte pour la chirurgie* (Leipzig, 1664), il expose un essai de la transfusion du sang tentée sur les chiens.

destiti, ut me ad hominem illum deduceret. Deduxit : cumque de experimento me praesente faciendo rogaret, produxit ille scyphos aliquot ventricosos vitreos, pedibus nodosis, quos vulgo Rômer vocamus, sed qui pintae mensuram (2) non excedebant. Eligebam ipse (quod voluit, ne forte dolum subesse suspicaret) aliquem, qui validissimus mihi videbatur. Tum is, explorato primum ejus tono, mihi tenendum porrigebat, oreque mediae parti admoto, voce, quae diapason vitri superabat tonum insonabat. Consonabat statim vitrum pene ad stridorem usque, & tremorem ejus manus mea sentiebat. Quam cum ille vocem non interruptam longo pneumate continuaret, cum strepitu rumpebatur vitrum, ita quidem, ut ruptura orbicularis obliqua per ventrem scyphi ipsosque pedis nodos ex adversa oris parte transiret. Succedabat & in aliis scyphis res.

libraire, afin qu'il me conduisît vers cet homme. Ce qu'il fit. Et comme je lui demandais de faire l'expérience devant moi, l'homme apporta quelques vases de verre ventrus à pieds noueux, que nous appelons vulgairement Rômer, mais qui ne dépassaient pas la mesure d'une pinte (2). Je choisissais moi-même (ce qu'il voulut afin qu'on ne soupçonnât pas qu'il fût dessous quelque hardie supercherie) un verre, qui me paraissait le plus solide. Alors, de ce verre maintenu par moi, il prolongeait le ton tout d'abord éprouvé, par sa bouche demi-ouverte, le soutenant de la voix, qui retentissait et surmontait la vibration et l'octave du verre. Le verre résonnait en même temps, régulièrement et à fond, jusqu'à l'aigu et ma main en sentait le tremblement. Comme il maintenait sa voix, non interrompue d'un long souffle, avec quel grand bruit le verre était brisé, de manière même que la cassure circulaire et oblique passait par le ventre du vase et les nœuds du pied, en partant de la partie tournée vers la bouche. La chose réussissait avec les autres vases.

Bien sûr la voix humaine émet des sons, dans lesquels intervient la notion de timbre donc d'harmoniques, ce qui la différencie des bruits bruts (et nous avons fait plus haut la distinction) et qui seuls, en principe, nous occupent.

Malgré tout, il nous a paru amusant de présenter cette note, son caractère peu connu s'ajoutant à l'originalité du fait relaté pour en faire une anecdote intéressante.

* *

Certes, un individu normal doit être capable de tolérer autour de lui une ambiance bruyante, et les psychiatres connaissent bien ces maniaques du silence, qui souffrent du moindre bruit provoqué dans leur immeuble par les voisins : ceux-là sont des malades, qui guettent le bruit à venir, l'accueillent avec une sorte de délectation morose, en font l'objet d'une véritable monomanie. Les journaux relatent des faits divers concernant des discussions tournant parfois au tragique, à propos, le plus souvent, d'une T.S.F. trop bruyante.

(2) La pinte = 93 centilitres.

Mais entre le sujet qui fait, du bruit du voisinage, le centre, le but de ses préoccupations, et celui qui, en bonne santé, est condamné à subir à tout moment le traumatisme sonore infligé par une machine industrielle, par des voisins sans scrupules, il y a toutes les populations urbaines condamnées à vivre entassées, soit dans un local trop exigü pour une famille nombreuse, soit aux différents étages d'un immeuble perméable au bruit.

La sollicitation incessante de l'appareil auditif et, par son entremise, du cortex cérébral, crée inévitablement un état d'hyperexcitabilité qui, tôt ou tard, se traduira par des troubles plus profonds. La mère de famille qui ne connaît pas un instant de solitude sonore, entourée qu'elle est de sa progéniture et de ses voisins, le père qui, fatigué d'une journée de travail, retrouve un milieu plus bruyant encore que celui de l'usine, se trouvent rapidement dans un état de tension nerveuse qui explique les disputes, les mésententes, parfois même les violences.

En dehors de cet énervement passif, pourrions-nous dire, créé par le bruit ambiant, il existe également des réactions actives chaque fois que le traumatisme sonore s'oppose à la volonté propre du sujet. Celui-ci désire se reposer, dormir, travailler, penser, et le milieu bruyant qui l'entoure s'y oppose. Si, bien des individus savent s'isoler, travailler au milieu de l'agitation et du bruit, pour d'autres, cet effort reste vain, pénible, voire douloureux.

Plus la composante intellectuelle est importante dans le travail, plus le calme doit être grand : un dessinateur industriel en a davantage besoin qu'un ouvrier sur une chaîne de montage, et un écrivain encore bien plus. Ce dernier souvent se retranche à la campagne, mais les endroits très silencieux se font de plus en plus rares, à moins d'être loin de toute agglomération.

Les voisinages des villes, grandes et moyennes, se sont industrialisés, créant de nouvelles sources de bruits dont les habitants se plaignent ; les aéroports civils et militaires, toujours en accroissement spatial et numérique, deviennent intolérables pour les gens des environs, d'autant plus qu'ils fonctionnent la nuit à un rythme presque égal au rythme diurne.

Les avions à réaction, par leur sifflement propre et par la déflagration de franchissement du mur du son, ne perturbent pas que les enfants, bien des adultes s'en trouvent gênés, nous l'avons vu plus haut, et l'avenir obligera à une certaine réglementation.

Les abords immédiats des grand-routes, avec surtout leurs poids lourds, des voies ferrées, avec les trépidations engendrées par le passage des trains, des ports avec les sirènes des navires, nuisent à ceux

qui y demeurent. Qu'ils en aient conscience et s'en plaignent ou qu'ils en souffrent inconsciemment, le problème est le même.

Dans les villes, les grandes villes surtout et Paris notamment, c'est naturellement bien pis, et les habitants ont à supporter toutes sortes d'agressions auditives, d'intensité variée, de jour et de nuit, dont il serait fastidieux de donner une liste complète, laquelle est d'ailleurs rapidement variable avec le temps. Signalons :

— le métro, souterrain et aérien, le chemin de fer de ceinture et d'autres lignes comme celles de Versailles, les abords des grandes gares ;

— les autobus, les vélomoteurs à silencieux insuffisant, les camions venant aux Halles et ces Halles elles-mêmes ;

— l'enlèvement des ordures ménagères, bruit des poubelles, bruit des voitures, suivi des voitures balayeuses, les laitiers, les livreurs de vin et les camions déchargeant des matériaux pour travaux publics ;

— les innombrables travaux de chaussée faits un peu partout dans Paris, ainsi que les constructions nouvelles.

* * *

Que le traumatisme sonore se répète à longueur de journée et c'est, plus que l'hyperexcitabilité primitive, une véritable asthénie secondaire qui apparaît.

On a comparé à juste titre le syndrome provoqué par le bruit, au syndrome général provoqué par la fatigue. Si dans les deux cas les manifestations subjectives supportent en effet la comparaison, celle-ci va plus loin, puisqu'elle se confirme objectivement, par les dosages biologiques témoignant en particulier, d'un épuisement cortico-surrénal.

Citons un exemple concret, que nous fournit le metteur au point d'aviation. Celui-ci présente un tableau clinique dominé par la fatigue, et où s'associent :

— l'hypoacousie ;

— la diminution du rendement professionnel sans atteinte musculaire vraie ;

— l'hypotension artérielle ;

— l'amaigrissement, minime généralement ; l'anorexie, la sensation de réplétion gastrique ;

— l'asthénie associée à une irritabilité nerveuse extériorisée par une augmentation des réflexes ostéo-tendineux, l'apparition fréquente du signe de Chvostek, de céphalées, de nervosité, de petits troubles du sommeil, de l'humeur et du caractère, tendance à la tristesse et à la revendication ;

- les petites altérations des tracés électroencéphalographiques ;
- une anémie hypochrome, rarement observée il est vrai ;
- des possibilités de lésions hématologiques, leucopénie, neutropénie et éosinopénie ;
- une hypoglycémie fréquente, s'élevant pendant la période de récupération ; des perturbations du test de Thorn.

Les tracés électro-encéphalographiques sont éloquents, puisque dans le cas d'une asthénie légère, fatigue et nervosité épisodiques nettement en rapport avec le travail dans le bruit, BUGARD constate que 8 fois sur 21 les tracés sont plats, alors que cette proportion s'élève à 8 fois sur 9 en cas de fatigue plus importante. Plus l'exposition au bruit est ancienne, plus fréquentes sont les anomalies de l'E.E.G. : des expositions de moins de deux ans ont toujours donné des tracés normaux, alors que sur 13 sujets exposés depuis plus de cinq ans au bruit professionnel, 10 ont présenté des tracés plats.

* *

En période de guerre, on a observé de très nombreux traumatismes de l'appareil auditif, tant parmi les populations civiles subissant des bombardements, que chez les militaires. La plupart du temps, si l'oreille n'est pas lésée physiologiquement, il n'en reste rien. Cependant on a vu des cas où, par l'intermédiaire de conflits affectifs profonds et inconscients, il s'ensuivait une surdité psychogénique. Ces conflits subissent le phénomène de la conversion, laquelle est orientée par les événements extérieurs, et qui affecte ici la fonction auditive, comme chez d'autres elle affectera la fonction visuelle ou tactile, en laissant le sujet inconscient de cette substitution. Nous voudrions dire ici quelques mots sur ce phénomène.

Après un traumatisme sonore modéré, la récupération plus ou moins complète est la règle. Le soldat qui a vu ses camarades sauter sur une mine, près de lui, est réellement sourd au début, mais par la suite, et à cause du choc affectif, cette surdité organique peut devenir psychogénique.

Pour certains psychiatres même, le renversement des valeurs morales en temps de guerre expliquerait la profusion de telles surdités. Le soldat à qui l'on ordonne de tuer veut « ne pas écouter la voix de sa conscience » qui, modelée par l'éducation sociale ou religieuse, lui dicte une attitude contraire. Cette surdité localisée se projette alors sur le monde extérieur et se généralise.

La fonction auditive est plus particulièrement touchée lorsqu'un événement a plus électivement atteint l'audition, tout en apportant une note affective puissante. Le cas d'un sourd psychogénique est cité, qui, grâce à la psychanalyse, dit avoir été témoin d'un accident grave

où un être proche avait trouvé la mort, et avoir été terrifié par les cris de la victime. Ces cris le poursuivirent longtemps alors que le souvenir visuel de l'accident s'estompait. Sa réaction de défense s'était traduite par une surdité.

Nous aimerions poursuivre longtemps dans cette voie qui nous promènerait dans le domaine passionnant de la psychiatrie, mais nous sortirions du cadre plus strict de notre étude, dans lequel nous sommes forcés de nous maintenir, pour sauvegarder la cohésion de l'ensemble.

* *

En pratique clinique, nous aurons affaire à deux catégories de sujets :

— ceux qui souffrent du bruit sans s'en rendre eux-mêmes compte. Ils viendront consulter pour fatigue, nervosité excessive, et seul l'interrogatoire, en recherchant des conditions de travail ou de vie anormalement bruyantes, permettra de porter le diagnostic étiologique exact ;

— ceux qui signalent spontanément la souffrance que leur cause un bruit excessif ; ici encore, des questions adroitement posées montreront s'il s'agit d'une intolérance individuelle à un bruit supportable, c'est-à-dire d'un état psychique primitif, ou, au contraire, du retentissement du bruit sur le psychisme, avec hyperexcitabilité ou asthénie. Les mesures à prendre différeront évidemment selon les cas. Mais il est bien évident que l'élimination totale du bruit est impossible, et que c'est au sujet lui-même à faire l'effort d'adaptation nécessaire, lui faisant quitter cette attitude d'hyper sensibilité sonore qui aggrave encore son état ; cet effort sera aidé par des moyens thérapeutiques et aussi par un « repos sonore » chaque fois que possible, une réforme des habitudes de vie, etc. Le changement de profession doit dans certains cas être envisagé.

Ainsi, la simple observation nous suggère qu'il existe des états pathologiques dus au bruit, ou aggravés par lui. Mais la clinique de tels malades ne serait pas suffisamment convaincante s'il ne s'y ajoutait des faits plus objectifs, fondés sur la physique, la physiologie, la physio-pathologie. Celles-ci nous apportent d'abondantes preuves de la nuisance du bruit dans certaines conditions d'intensité, de nature, de rythme, de mode de transmission, cela abstraction faite des limites individuelles de la tolérance.

Citons pour terminer ce chapitre, une boutade d'un journal au temps des campagnes de presse contre le bruit : « Une bicyclette à moteur auxiliaire, qui traverse Paris de bout en bout à 3 heures du matin, réveille 200.000 personnes ».

Etude physiopathologique

Cette étude est d'autant plus importante, qu'elle démontre objectivement, par des lésions histo-pathologiques, par des faits cliniques et expérimentaux, par des répercussions biochimiques, la réalité de la nuisance du bruit. Jusqu'ici, en effet, en signalant les états pathologiques, hyper-irritabilité, déséquilibres nerveux, nous nous sommes surtout basé sur des faits subjectifs, plaintes du malade, interprétation du clinicien.

Maintenant, toutes les objections que l'on a pu élever sur les méfaits du bruit vont s'estomper.

Rappelons brièvement l'anatomie de l'appareil auditif :

— L'OREILLE EXTERNE se compose du pavillon et du conduit auditif externe.

— L'OREILLE MOYENNE se compose du *tympan*, sensible aux différences de pression telles qu'il s'en produit lors de l'onde sonore ; de la *caisse du tympan* reliée au pharynx par la trompe d'Eustache ; des *osselets* fixés à la *fenêtre ovale*, ouverture de l'oreille interne, à laquelle ils transmettent les pressions reçues par le tympan ; mais ces pressions sont amplifiées par les adaptateurs que sont les osselets, et cela dans la proportion de 1 pour 60 environ, avec parallèlement réduction des vitesses (*fig. 2*).

— L'OREILLE INTERNE enfin, constituée par le *labyrinthe* qui, lui-même, comprend :

- les *canaux semi-circulaires*, au nombre de trois, se situant dans trois plans différents, rectangulaires, et abritant les ramifications du *nerf vestibulaire* ; cette région est le siège du sens de l'équilibre ;
- la *cochlée* ou *limaçon*, organe de l'audition, siège du *nerf cochléaire* (*fig. 3*).

L'oreille interne communique avec l'oreille moyenne par la *fenêtre ovale* et la *fenêtre ronde*.

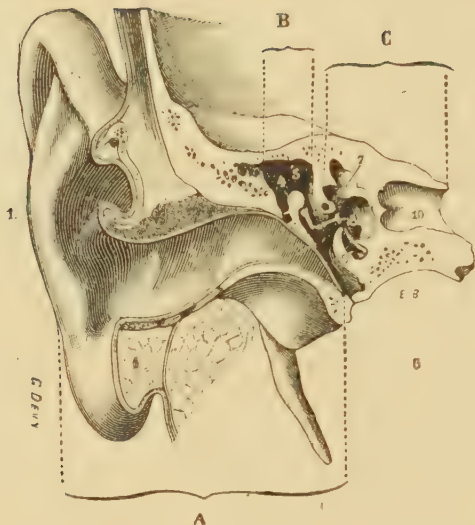
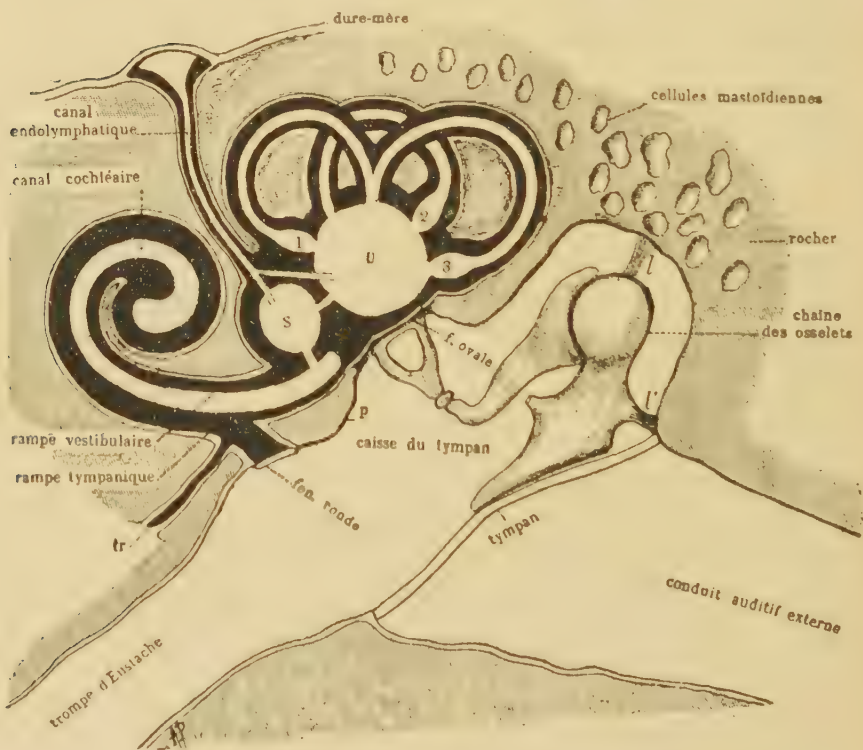


FIGURE 2

Schéma de l'appareil auditif

- 1 : Pavillon de l'oreille
- 2 : Conduit auditif externe
- 3 : Membrane du tympan
- 4-5 : Caisse du tympan et entrée des cellules mastoïdiennes
- 6 : Trompe d'Eustache
- 7 : Oreille interne
- 8 : Fenêtre ovale
- 9 : Fenêtre ronde
- 10 : Conduit auditif interne

FIGURE 3. — Appareil auditif et statique des mammifères



[Figures extraites de « L'Oreille et ses maladies », par A. BONAIN, pp. 13 et 26 (Paris, G. Doin éd., 1933)]

Le limaçon lui-même est constitué par trois membranes juxtaposées, dont la membrane basilaire supporte *l'organe de Corti*, formé d'environ 10.000 cellules en bâtonnets disposées en un minuscule tunnel, englobant des cellules ciliées d'où partent les fibres nerveuses dont la réunion constitue le nerf de l'audition, le nerf cochléaire ; transversalement cette fois, la membrane basilaire porte des fibres à forte tension jouant un rôle essentiel dans la perception du son. C'est dans le limaçon que les fibres de la membrane basilaire, entrant en résonance pour une fréquence déterminée, et communiquant la vibration à la fibrille voisine, permettent l'analyse des fréquences perçues par l'oreille : c'est la théorie de la résonance de HELMOLTZ, qui paraît vérifiée par divers résultats expérimentaux et diverses observations cliniques. L'hypoacousie professionnelle qui frappe certains ouvriers se manifeste exclusivement pour les fréquences des bruits auxquels précisément ces sujets sont exposés. La perception d'un son est d'autant plus gênée par un autre son que celui-ci est de fréquence plus voisine de celle du premier son. Les récentes recherches de BAKESY ont montré qu'un train d'ondes amorties se déplace constamment vers le sommet du limaçon, mais que le maximum de déplacement de la membrane basilaire dépend de la fréquence : au voisinage de ce maximum, se produirait un tourbillon excitant particulièrement une zone limitée de la membrane basilaire. Et puisqu'en matière de fonctionnement de la fibre nerveuse, la loi du tout ou rien a été établie, WEBER a pensé que pour les fréquences basses, c'est-à-dire inférieures à 900 périodes/seconde, la fonction des fibres nerveuses était identique : au-dessus de ce seuil et jusqu'à la fréquence de 1.800 périodes/seconde, les fibres fonctionnent alternativement ; de 1.800 à 2.700 périodes/seconde, trois fibres seulement fonctionneraient pour une seule perception. Dans ces expériences, il est difficile de préciser le fonctionnement des fibres à partir d'une fréquence de 3.500 périodes/seconde (*fig. 4 et 5*).

Mais cette théorie n'est fondée que sur un seul des caractères de l'onde sonore, la fréquence. Elle devra donc se compléter de recherches concernant les intensités, dont la perception intéresse certainement les fibres de façon quantitative, c'est-à-dire que le nombre des fibres impressionnées doit également jouer ici un rôle important.

Mais il ne suffit pas, pour que le bruit soit perçu et utilisé, que l'appareil auditif externe, moyen et interne, soit impressionné par l'onde sonore. Le cortex cérébral, la zone auditive, ont une importance irremplaçable, faute de quoi l'oreille n'est qu'un microphone, sans réaction ni utilisation psychique du signal sonore.

La psycho-physiologie, étude objective des rapports entre le corps et l'esprit, « science des corrélations et des interactions somato-psy-

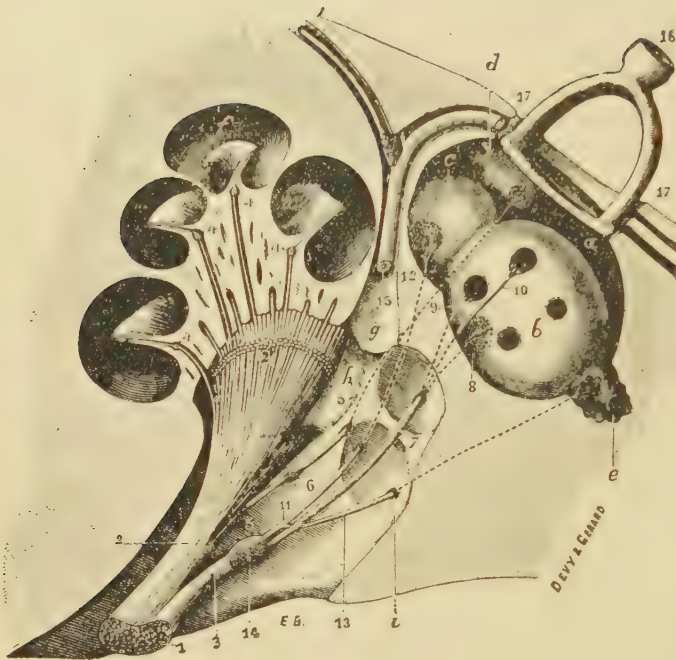


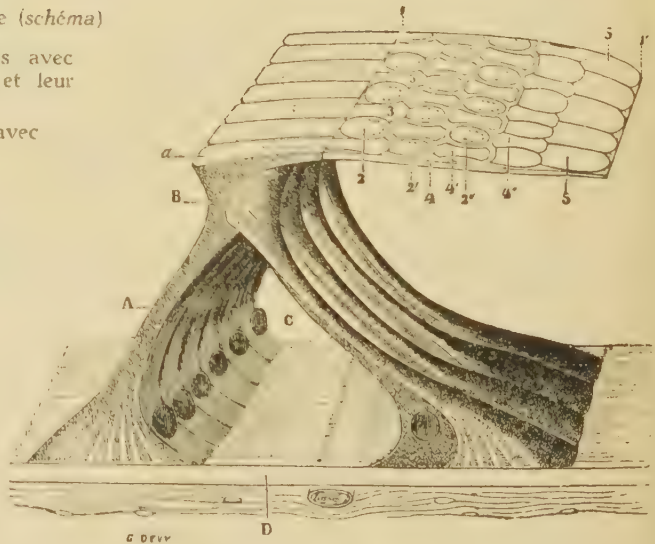
FIG. 4. — Distribution du nerf auditif (schéma)

- 1: Tronc de l'auditif
- 2: Sa branche cochléaire
- 3: Sa branche vestibulaire
- 4: Ganglions spinaux ou de Corti
- 5: Rameau se rendant à la portion vestibulaire du canal cochléaire
- 6: Ganglion de Boëttscher
- 7: Nerf vestibulaire supérieur fournissant :
- 8: Le nerf utriculaire
- 9: Le nerf ampullaire supérieur
- 10: Le nerf ampullaire externe
- 11: Nerf vestibulaire inférieur fournissant :
- 12: Le nerf sacculaire
- 13: Le nerf ampullaire postérieur
- 14: Ganglion de Scarpa
- 15: Le nerf facial
- 16: L'étrier dans la fenêtre ovale
- 17: La caisse du tympan

FIG. 5. — La membrane réticulée (schéma)

- A: Piliers internes des arcades avec leur masse protoplasmique et leur noyau
- B: Piliers externes s'articulant avec les piliers internes
- C: Tunnel de Corti
- D: Zone lisse de la basilaire

La membrane réticulée est soutenue par les appendices céphaliques des têtes des piliers. Ses divers détails répondent à l'extrémité des cellules de formes diverses qui se terminent à son niveau (cellules de Corti, de Deiters, de Hensen)



[Figures extraites de « L'Oreille et ses Maladies », par A. BONAIN, pages 32 et 41 (G. Doin éditeur, Paris 1933)]

chiques » (J. DELAY), nous montre le rôle de l'écorce cérébrale dans les fonctions sensori-motrices. PAVLOV a décrit dans le cortex des analyseurs sensoriels occupant chacun un territoire différent, et dont la destruction fait disparaître la sensation correspondante. Chaque territoire d'analyseur possède une aire sensitive, destinée à la réception pure et simple, et une aire psycho-sensible ou gnosique, située dans le voisinage de la précédente, et destinée à l'élaboration et à l'utilisation de la sensation perçue. Deux ordres de troubles peuvent survenir : *agnosie de différenciation*, dans laquelle les sensations élémentaires sont perçues mais dont le sujet ne peut différencier l'intensité et l'extensité, donc différencier les matières et les formes, et *agnosie de reconnaissance* où le sujet perçoit les sensations élémentaires et apprécie les différences de matière et de forme mais est incapable de reconnaître l'objet qu'il palpe : il différencie mais ne reconnaît plus (1) (fig. 6).

Ces définitions, qui s'appliquent à l'agnosie tactile, peuvent être transposées à l'agnosie auditive, quoique ici les problèmes soient plus complexes et les syndromes cliniques exceptionnellement à l'état pur.

On peut tout de même dire *grosso modo* que la destruction, dans le lobe temporal, de l'aire auditive entraîne une surdité vraie, tandis que celle de l'aire psycho-auditive détermine une agnosie auditive ou surdité psychique : ici le malade entend bien des bruits ou des sons musicaux mais ne les reconnaît pas et ne peut dire ce qui les produit. On conçoit alors que l'agnosie auditive entraîne naturellement une perte de la compréhension du langage entendu ou surdité verbale, ce qui la rattache très étroitement au chapitre de l'aphasie dite sensorielle dont elle partage la valeur sémiologique.

Les constatations expérimentales et chirurgicales permettent de conclure au rôle essentiellement intellectuel du cortex, en particulier en ce qui concerne les fonctions sensori-motrices.

On ne saurait donc dissocier l'appareil auditif des centres supérieurs chargés de recueillir la sensation sonore, de la percevoir et de la transformer, selon le cas, en émotion agréable ou en agression pénible. Ces rapports étroits vont expliquer que le traumatisme sonore puisse avoir non seulement, ce qui est facile à comprendre, des répercussions locales, mais encore des effets nocifs généraux sur l'ensemble de l'organisme, comme nous le verrons plus loin.

La médecine psycho-somatique nous fournit maints exemples de troubles fonctionnels et aussi de lésions organiques secondaires à un trouble primitif psychique : selon certaines Ecoles, le type le plus

(1) Jean DELAY, « Les astéréognosies » (Masson, 1935).

éloquent des lésions psycho-organiques est l'ulcère gastro-duodéal, comme le type le plus net des affections psycho-fonctionnelles, au moins à ses débuts, est l'hypertension artérielle dite essentielle. A l'inverse, nous avons cité plus haut un trouble psychique secondaire à un traumatisme organo-émotionnel : la surdité psychogénique.

« L'émotion, écrit DELAY, est créatrice de toute une pathologie qui va de l'hypertension paroxystique au glaucome et à l'aménorrhée » ; mais des troubles aigus provoqués par un facteur psychique peuvent.

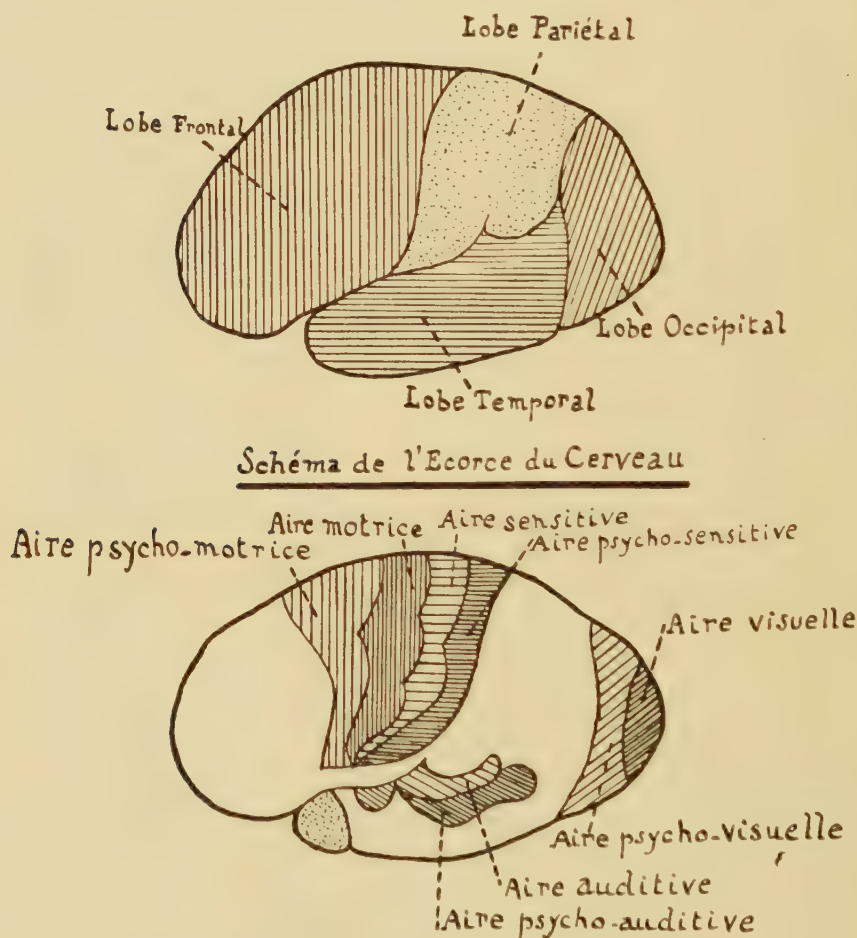


FIG. 6. — Les centres psycho-sensoriels et psycho-moteurs

[Figures extraites de « La psycho-physiologie humaine », par J. DELAY
(Presses Universitaires de France, éditeurs)]

par leur répétition, engendrer des désordres chroniques ; et si les agressions se répètent sans entraîner d'immunité, mais au contraire, ce qui est souvent le cas, en créant une hypersensibilité, on voit les troubles d'abord fonctionnels, biologiques et aigus évoluer vers la chronicité et l'organicité : ainsi, dans l'étude de la nuisance du bruit, il faut distinguer entre le traumatisme sonore violent susceptible de léser l'appareil auditif, et le traumatisme nocif, parce que répété, sans dangers pour l'oreille elle-même, et cependant néfaste par les répercussions qu'il exerce à partir du cortex cérébral, puis par l'intermédiaire de l'hypothalamus, à partir de l'hypophyse, et d'une façon plus générale par voie neurovégétative, qui, elle, on le sait, préside à l'ensemble des fonctions organiques. On ne doit donc pas *a priori* rejeter la responsabilité du bruit dans un état pathologique donné, sous le prétexte que ce bruit n'est pas assourdissant, traumatisant pour l'oreille. Cette distinction, qui ne nous semble pas toujours faite, est cependant primordiale dans la lutte contre le bruit et ses méfaits.

* *

Après ces données préliminaires indispensables, nous entrons dans l'étude physio-pathologique proprement dite. Nous avons établi une échelle appréciant en phones les divers bruits auxquels l'homme est exposé. Mais ne perdons pas de vue le facteur individuel, le mode réactionnel de chacun, qui fait que tel bruit intense ou agressif est bien supporté par l'un, alors qu'un traumatisme sonore bien moindre aura chez l'autre des répercussions graves. Mieux encore, tel bruit sera intolérable pour certains, agréable ou utile pour d'autres. Un exemple : la méthode dite « travaillez en musique » est très diversement appréciée par ceux qui la pratiquent — ou la subissent. La « musique fonctionnelle », dont il faut proscrire les chansons qui détournent l'attention, les mélodies lentes à tempo varié qui rompent la cadence de l'effort, a recours à un ton donné apparenté au fond sonore du local. On nous a cité le cas d'un atelier de montage dont les machines en fonctionnement présentaient un ronronnement en fa dièse ; les disques diffusés en d'autres tons donnaient de dissonances désagréables. En sélectionnant les disques et ajustant les tons, on obtint une amélioration de rendement de près de 11 %. La musique fonctionnelle doit respecter quatre principes : être entendue sans être écoutée, ne pas s'imposer par un tempo trop rapide, trop lent, ou trop varié ; ne pas être accompagnée de paroles ; enfin elle doit plaire aux auditeurs. Avec une diffusion d'une heure par jour, on augmente le rendement de 12 % ; avec deux heures, de 11 % ; avec trois heures, de 8 % ; avec quatre heures, de 7 % ; avec cinq heures, de 5 %. L'optimum est deux diffusions de trente minutes chacune, vers 10 heures

et vers 16 heures 30, ou encore des diffusions de dix minutes par heure. La musique a l'avantage d'estomper l'ensemble des bruits industriels et de les rendre plus tolérables. On nous a dit que dans un atelier de couture les applications de la musique fonctionnelle sont acceptées avec plaisir par les ouvrières, mais que, par contre, elles provoquent chez un comptable dans un bureau voisin un état d'irritabilité quasi pathologique.

* *

Dans l'estimation générale de la nuisance du bruit, on est cependant obligé de faire appel à des critères objectifs d'intensité, de nature, de rythme, de répétition attendue ou subite du bruit.

Selon G. BLUMENAUER, on peut placer, en regard des intensités en décibels, des impressions, des « effets » assez constants :

- au-dessus de 100-110 décibels, le bruit est assourdissant ;
- à 80-90 décibels, il est très intense ;
- à 70-60 décibels, il est fort ;
- à 40-50 décibels, le bruit est modéré ;
- à 30-20 décibels, le bruit est faible ;
- à 10 décibels, il est très faible.

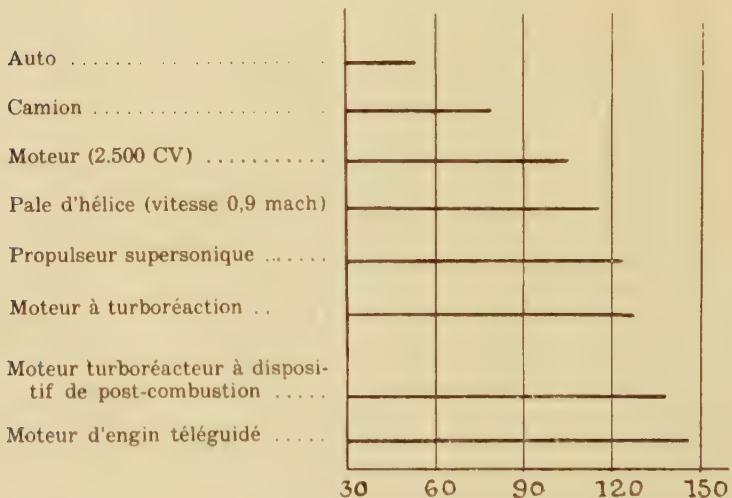


FIG. 7. — Niveau sonore en décibels à une distance de 90 mètres

Par comparaison : conversation normale à 90 cm = 80 dB

— 80 dB empêchent la conversation à forte voix d'être perçue ;

— 140 dB provoquent une douleur auriculaire

(d'après J.-M. TALBOT)

Rythmé régulièrement, le bruit détermine une accoutumance, bénéfique dans un sens, puisque le sujet qui y est soumis n'en souffre plus, dangereuse dans un autre sens, puisque les lésions locales et générales vont s'instituer à la longue sans que la défense que représente l'agressivité du bruit les ait interrompues.

L'accoutumance se fait aussi pour la nature du bruit. Elle manquera naturellement si le bruit se répète irrégulièrement, de façon inattendue. Ici, on observe les effets d'un traumatisme à chaque agression sonore. Et nous allons voir que localement et généralement, une telle agression provoque un véritable bouleversement d'abord fonctionnel, bientôt organique, lésionnel.

* *

RETENTISSEMENT AUDITIF DU BRUIT

Il est établi qu'à 160 décibels, le bruit peut provoquer la rupture du tympan. Entre 120 et 130 décibels, on peut observer une surdité temporaire, dont l'apparition dépend du caractère du bruit et de la durée d'exposition du sujet au traumatisme sonore. On a également signalé de ces surdités transitoires entre 100 et 120 décibels.

Mais il existe des surdités professionnelles définitives plus ou moins importantes, et dont le nombre s'accroît actuellement en raison de l'équipement industriel des usines, et du développement de l'industrie de l'aviation. On fixe à 80-100 décibels le niveau sonore à partir duquel le bruit risque de devenir nocif pour la cochlée. La surdité par traumatisme labyrinthique se rencontre avec le plus de fréquence :

- dans les ateliers maritimes, les riveteurs étant soumis à un traumatisme sonore de l'ordre de 120 décibels, et auquel s'ajoute encore l'ébranlement ;
- chez les chaudronniers, qui subissent des agressions sonores de 110 à 120 décibels ;
- chez les ouvriers des bancs d'essai des moteurs d'avions, qui supportent un bruit de 120 décibels ;
- chez les mineurs utilisant des perforatrices, avec un niveau sonore de 100 à 120 décibels.

L'audiométrie permet de suivre les phases de la surdité professionnelle. Le début du travail chaque matin est pénible ; puis, au bout de vingt minutes environ, le sujet éprouve une sensation douloureuse au bruit, des bourdonnements, une fatigue physique et intellectuelle, voire même un malaise général. En fin de travail, il a une impression d'oreille ouatée, les bourdonnements persistent encore quelque temps

après la cessation du travail dans le bruit. Par la suite, et dans des délais variables suivant l'intensité du traumatisme sonore et la susceptibilité du sujet, les sons, voix familières, bruits connus, prennent un timbre inaccoutumé. En un mois cependant, l'oreille s'est adaptée et les troubles s'atténuent ; mais pendant cette période, peuvent aussi s'établir des déficits définitifs, progressant ensuite lentement, insidieusement, cela d'autant plus que la phase initiale du déficit est marquée par une hypoacousie encore minime. Le déficit est en effet situé dans la zone supra-conversationnelle au niveau de la fréquence 4.000 ; il n'est révélé que plus tardivement, lorsque le scotome se sera étendu à la fréquence 2.000, puis 1.000 (DRÉAN).

La surdité professionnelle est généralement bilatérale, systématique, de type surdité nerveuse, cochléaire, localisée au niveau des fréquences aiguës. L'examen audiométrique montre l'existence d'un scotome au niveau de la fréquence 4.000, qui s'étend vers la fréquence 8.000, puis vers les fréquences 2.000 et 1.000. Les courbes de transmission aériennes et osseuses se superposent, les sons de fréquence inférieure à 2.000 et surtout 1.000 sont longtemps normalement perçus. Mais, surtout, la surdité professionnelle s'aggrave au cours du travail bruyant et de la fatigue auditive ainsi provoquée : déficit qui s'estompe chaque soir lorsque l'ouvrier quitte son travail, et qui réapparaît au cours de la journée suivante ; surdité qui se stabilise enfin si le sujet quitte son emplo bruyant ou se protège efficacement contre le traumatisme sonore (DRÉAN).

Schématiquement, on peut dire que quatre phases évolutives marquent la surdité professionnelle :

1° STADE DE L'INSTALLATION DU DÉFICIT PERMANENT

Ne dépassant pas une durée d'un mois, et correspondant à l'adaptation progressive de l'oreille au bruit intense et prolongé : répété chaque jour pendant la durée du travail, ce déficit est rapidement de 50 décibels sur la fréquence 4.000 ; pendant cette période, il y a d'abord récupération à chaque fin de journée ; puis le déficit devient rapidement permanent par lésions cochléaires irréversibles. Il ne dépasse cependant pas 40 décibels, malgré la perte plus forte du début.

2° PHASE DE LATENCE TOTALE

Car au déficit acquis le premier mois s'ajoute une progression très lente de la surdité : la voix chuchotée est encore longtemps perçue, le scotome occupant à la fréquence 4.000 un octave et demi ou deux octaves. On a noté à cette période des déficits de 70 décibels, cependant la moyenne est de 20 à 40 décibels (fig. 8).

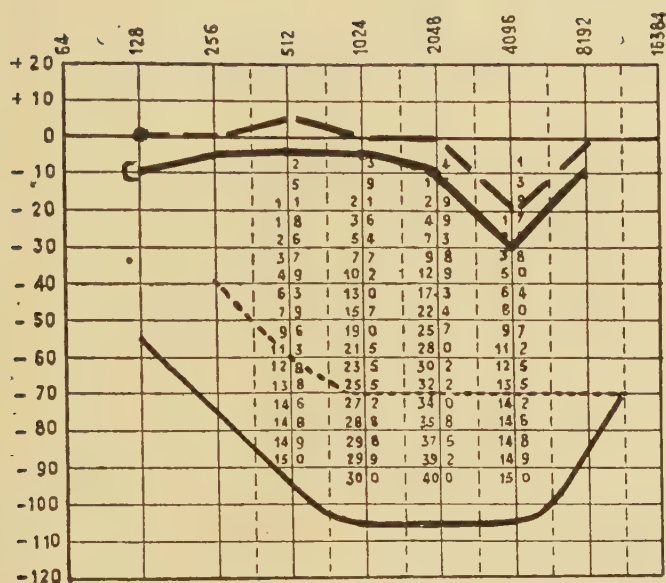
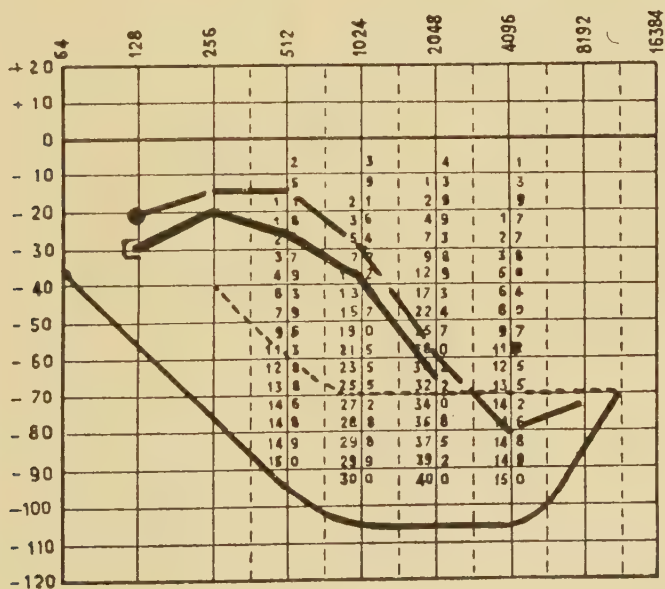


FIGURE 8

FIGURE 9



[Figures extraites de « La lutte contre le bruit », par Jacques DRÉAN
(Thèse, Paris, Imp. R. Foulon, 1955, pages 28 et 31)]

3° PHASE DE LATENCE SUBTOTALE

De surdité encore latente, puisque la conversation est normalement perçue ; par contre, la voix chuchotée n'est plus perceptible à 2.50 m et l'audiométrie révèle un scotome des 4.000 élargi, avec perte pouvant aller jusqu'à 85 décibels, et un minimum de 45 décibels, deux ou trois octaves étant affectés. L'hypoacousie gagne la fréquence de 8.000 et lentement celle de 1.000. La durée de cette troisième période varie d'un sujet à l'autre, deux ou trois ans au minimum, généralement dix ou quinze ans. Le déficit peut se stabiliser à ce niveau.

4° SURDITÉ MANIFESTE enfin

Phase terminale au cours de laquelle la conversation normale n'est plus perçue, le déficit atteignant ou dépassant les 500 dans les graves à l'audiomètre. En quittant le travail nocif, le sujet peut conserver ce niveau qui risque au contraire de s'aggraver encore si le traumatisme sonore continue à exercer ses ravages. Il existe, en outre, des sifflements et tintements qui aggravent encore la surdité. La perte dépasse 20 dB aux 500, 30 dB aux 1.000, 60 dB aux 2.000 et atteint 80 dB aux 4.000, ne se relevant que peu aux 8.000 (*fig. 9*).

A quelles lésions anatomo-pathologiques correspondent ces déficits auditifs ?

Dès le début du siècle, HABERMANN, BRUHLT, WITTMACK, HEGENER établissaient que les troubles auditifs post-traumatiques provenaient de lésions du neurone périphérique, mais la localisation de la lésion était diversement interprétée : cellules ganglionnaires ou organe de Corti. Des expériences sur l'animal montrèrent alors que les sons purs étaient localisés au tour de spire basal, les bruits, à la région moyenne ou supérieure de la cochlée.

Si l'unanimité n'est pas encore pleinement réalisée sur la question, on admet généralement que les troubles cochléaires dus au traumatisme sonore sont dus à la dégénérescence des cellules ciliées, donnant lieu à des influx spontanés générateurs de la sensation de tintement.

Le traumatisme sonore violent et unique entraîne des lésions cochléaires définitives et étendues : hémorragie dans la rampe cochléaire, rupture de la membrane de Reissner, rupture du tympan. En ce qui concerne le tintement, un son de 256 c/s pendant huit minutes a provoqué chez PEYER, sur lui-même, un bruissement persistant quelques heures.

Récemment (1953), HILDING partant de constatations nécropsiques a constaté, devant la grande fragilité de l'arrimage marginal de la membrane tectoriale, qu'une stimulation acoustique violente créait

des lésions de l'organe de Corti, débutant au niveau des insertions externes de la membrane tectoriale. Ces dernières peuvent être détruites, et la membrane tectoriale, par sa chute, entraîne une stimulation permanente des cellules ciliées, donnant subjectivement le tintement.

La répétition pendant plusieurs heures par jour et pendant des années d'un traumatisme sonore modéré risque également de provoquer des lésions cochléaires dégénératives. Les conséquences du « traumatisme acoustique chronique » (HIGGUET et VAN EYCK) se retrouvent sous forme de lésions au niveau de l'appareil de sustentation de la membrane tectoriale, avec, ici encore, stimulation permanente des cellules ciliées (DRÉAN).

L'illustration quasi expérimentale de ce que peut entraîner de troubles le traumatisme sonore est fournie par la pathologie auditive des ouvriers des bancs d'essai des moteurs de l'aéronautique. Les moteurs à réaction modernes dont le régime est d'environ 30.000 tours/minute, représentent un spectre sonore à dominance autour de 3.000, avec une intensité moyenne de 140 phones, et un spectre ultrasonore pouvant atteindre 60.000 Hz dont l'intensité est de 80 à 95 décibels et la puissance autour de 0,02 mW/cm² à 0,2 mW/cm².

PORTMANN, dans ces conditions, a constaté que le spectre ultrasonore, émis par les moteurs, était très insuffisant pour produire des troubles auditifs, et que seul le spectre sonore en produisait. Ceci est vérifié en laboratoire : l'ultra-sonisation trans-tympanique de cobayes ne détermine des troubles auriculaires et vestibulaires qu'à partir des puissances de l'ordre du W/cm² (10 à 100.000 fois plus grand que ci-dessus).

Les troubles provoqués par les moteurs à réaction rentrent donc dans le cadre du traumatisme sonore brutal.

Ainsi, les troubles locaux provoqués par le bruit sont toujours professionnels. Il ne semble pas en être de même des troubles neurologiques et généraux.

* *

RETENTISSEMENT SUR LE SYSTÈME NERVEUX

Certes, c'est surtout chez les sujets exerçant un métier en milieu sonore, ateliers, bureaux avec machines à écrire nombreuses, que des perturbations nerveuses vont être observées. Nous voudrions cependant insister, comme nous l'avons fait plus haut, sur la réalité d'états d'irritabilité et d'hypernervosisme observés chez des sujets soumis à

une atmosphère bruyante émanant de la rue, de l'immeuble, de la chambre d'habitation. Naturellement ces états sont moins accentués, moins faciles à objectiver que lorsqu'ils ont une origine professionnelle. En outre, il semble que le facteur individuel joue davantage.

Les bruits intenses déterminent des réactions non spécifiques qui mettent en œuvre le système neuro-végétatif (et, partant, le système endocrinien) et qui diffèrent des réactions auditives spécifiques directement en rapport avec les paramètres physiques du bruit.

Au delà d'un niveau sonore critique, fixé à environ 160 décibels, la quantité d'énergie mise en jeu par le mouvement vibratoire devient le phénomène dominant, et des auteurs tels que FRINGS, PIMONOW, BUGARD et collaborateurs, ont pu provoquer la mort rapide de l'animal sans que le paramètre fréquence ait semblé intervenir autrement que sur la propagation et l'absorption de l'énergie acoustique : en effet, l'action léthale s'obtient aussi bien avec des sons aigus audibles (DAY) qu'avec des ultra-sons.

Certains bruits intenses contenant des gradients de pression élevés paraissent pouvoir se comporter comme un traumatisme vibratoire entretenu, et agir directement sur le crâne et l'encéphale à la manière d'une commotion (BUGARD). Des bruits violents et prolongés mais non mortel appliqués à l'animal (lapin) tandis qu'était enregistré un électro-encéphalogramme, ont provoqué les perturbations suivantes :

Pendant l'action du sifflet de Hartmann, ultra-sons de 125 décibels, 25 ou 45 kC/seconde, on observe d'abord une phase de quelques minutes comportant une légère augmentation de l'amplitude de tous les tracés ; l'E.C.G. simultanée montre de la tachycardie. En poursuivant l'action du sifflet, l'animal retrouve le calme en quinze - trente minutes, puis les amplitudes se pincent, en particulier en dérivations postérieures. Ces altérations disparaissent lorsqu'on cesse le sifflement.

Si le traumatisme acoustique est bref (sirène, pulso-réacteur), le tracé donne quelques bouffées irrégulières d'accidents pointus de grande amplitude, surtout dans les dérivations transversales.

Le traumatisme sonore de longue durée est suivi de surdité, avec, sur certains tracés, une tendance à la désorganisation, apparition d'ondes lentes de 2 ou 3 c/s pendant quelques secondes à l'électro-encéphalogramme.

Fait capital, l'examen histologique du cerveau de ces animaux présente assez souvent une réaction œdémateuse modérée de l'écorce cérébrale, une distension discrète des gaines péri-vasculaires et des logettes péri-neuronales, un léger état spongieux de la substance cérébrale. Les neurones, souvent indemnes, peuvent cependant être le

siège d'une légère hyperchromophilie, modifications siégeant surtout sur la région frontale, les régions pariétale et occipitale. Le diencéphale ne donne pas ces aspects.

Ces altérations électriques et histologiques ont été obtenues par BUGARD avec des niveaux sonores ne dépassant pas 150 décibels ; plus souvent ils étaient au-dessous de cette valeur. Mais d'autres expériences ont montré qu'à 160 dB apparaissent des phénomènes paralytiques et convulsifs, des crises audiogènes (CAIN, FRINGS) précédant la mort. Chez l'homme soumis à un traumatisme acoustique chronique professionnel, on constate des tracés électro-encéphalographiques plats d'autant plus fréquents et accentués que le sujet accuse un état subjectif et objectif de fatigue, et que la durée antérieure de l'exposition au bruit a été plus prolongée. Chez les travailleurs présentant de l'asthénie, de la fatigue, une nervosité persistantes, on trouve 50 % de tracés plats, alors que chez l'homme normal, cette proportion est de 10 à 15 %.

Le tableau clinique des troubles nerveux par traumatisme acoustique sera surtout fait de nervosisme général, d'hyperexcitabilité, d'hyperréflexie ; de troubles du sommeil, insomnie, cauchemars, réveils fréquents et brusques en tachycardie ; des altérations caractérielles, inégalité d'humeur, anxiété, inquiétude, obnubilation, confusion mentale avec hallucinations auditives chez les sujets ayant déjà une tendance paranoïaque.

Au laboratoire de psychotechnique de la Fondation Henri-Rousselle, des expériences ont démontré que le bruit ralentit les réactions visuelles, les rend irrégulières. Un malade de MOULONGUET, cheminot, éprouvait des vertiges sous l'effet du bruit aigu des sifflets, alors que l'examen auriculaire était parfaitement négatif. En faisant fonctionner près de l'oreille gauche un sifflet strident, cet auteur a déclenché un nystagmus oblique en bas et à gauche, réaction d'ailleurs difficile à expliquer.

L'état de maladie en général, mais en particulier lorsque existent des lésions nerveuses, chez les tétaniques, les méningitiques, s'accommode mal du bruit, et l'on voit se déclencher une crise tétanique si l'on fait subir au malade une simple impression auditive. Celle-ci a également des retentissements inattendus au cours du sommeil, de l'anesthésie, chez les angineux, les asthmatiques.

Nous avons vu plus haut que certaines entreprises utilisaient la « musique fonctionnelle » dans le but de rétablir et d'augmenter le rendement aux heures de fatigue maxima ; c'est bien reconnaître qu'une incitation acoustique peut avoir sur le comportement somatique et psychique la valeur d'une substance pharmacodynamique.

RETENTISSEMENT SUR LES DIFFÉRENTS APPAREILS ET ORGANES

Si, pour plus de commodité de notre exposé, nous avons détaché le retentissement du bruit sur le système nerveux, la symptomatologie qui s'y rattache étant en effet de teinture psycho-névrotique, il faut bien reconnaître que c'est encore par le moyen du cortex cérébral, des hémisphères, de l'hypothalamus et de l'hypophyse qu'une incitation acoustique va déterminer des réactions organiques, gastriques, intestinales, endocriniennes, surrénales surtout, et, par là, faire apparaître un syndrome général.

JUNGMANN, soumettant au cours d'une scopie gastrique son malade à des incitations acoustiques, a constaté une augmentation initiale du péristaltisme ; le chimisme gastrique est modifié dans le sens d'une diminution de la sécrétion gastrique avec hypochlorhydrie.

L'apparition d'un syndrome d'alarme sous l'effet du traumatisme sonore a été démontrée par BUGARD au cours de belles expériences chez l'animal et chez l'homme. Lorsque l'être vivant est soumis à un bruit situé au-dessous du niveau sonore critique, mortel, de 160 décibels, il est évidemment difficile de séparer les réactions émotives provoquées par l'audition de bruits insolites non dangereux par eux-mêmes, et les réactions d'ordre mécanique ou thermique en rapport avec le traumatisme vibratoire : dans les deux cas, il existe un syndrome d'alarme (BUGARD). Le sens de l'ouïe est un sens de mise en alerte, les réactions psycho-auditives sont donc très particulières. Chez l'homme, la part de l'émotion dans les réactions au bruit est certainement importante ; chez l'animal, la perception auditive est profondément intégrée dans la vie végétative. Lorsque le bruit est prolongé, le sujet s'adapte.

Nous retrouvons là les phases du syndrome de Selye (1) avec agression, et réponse sous forme d'adaptation parfois adéquate, mais qui peut également aller trop loin, ou être insuffisante, réalisant les maladies de l'adaptation (2).

(1) La réaction d'alarme est, selon SÉLYE lui-même, la somme de tous les phénomènes non spécifiques, provoqués par l'arrivée brusque de stimuli auxquels l'organisme n'est pas qualitativement ou quantitativement adapté.

(2) « Toute une série d'agressions variées provoquent dans l'organisme des mammifères (l'homme est un mammifère) des perturbations nombreuses dont le résultat est d'augmenter la résistance à ces agressions.

C'est le syndrome d'adaptation (ou syndrome non spécifique). Cette adaptation peut ne pas se faire, les possibilités réactionnelles peuvent s'épuiser rapidement.

Au contraire la réaction parfois dépasse le but et persiste malgré la disparition de l'agression : ce sont les maladies de l'adaptation. »

(Z.M. BACQ)

Or, celles-ci paraissent être sous la régulation hypophyso-cortico-surrénalienne. Et précisément, chez le sujet soumis à un milieu professionnel bruyant, nous observons un syndrome clinique dominé par la fatigue, mais où figurent également :

- l'hypoacousie (*trouble local*);
- une asthénie avec irritabilité nerveuse, augmentation des réflexes ostéo-tendineux, céphalées, nervosité, petits troubles du sommeil, de l'humeur, du caractère, légères altérations de l'électro-encéphalogramme (*troubles neurologiques*);
- enfin leucopénie, neutropénie, anémie hypochrome (rarement observée), léger amaigrissement avec anorexie et sensation de réplétion gastrique, hypotension artérielle (*signes de la série cortico-surrénalienne*).

Nous sommes donc tenté de rapprocher ce tableau de celui d'une insuffisance surrénale, tout en constatant que l'asthénie, la fatigue sont moins accentuées, que l'hypotension artérielle reste minime, que la pigmentation de type addisonien fait défaut. Cependant il ne s'agit plus de fatigue physiologique, puisque le simple repos ne suffit pas à la dissiper. Enfin, les stigmates biologiques nous paraissent éloquentes :

- glycémie souvent modifiée ;
- éosinopénie fréquente ;
- test de Thorn, injection de 25 mg d'A.C.T.H., sans grande signification, puisque la chute des éosinophiles au bout de quatre heures ne peut se comparer qu'à un taux initial déjà bas ; la chute des lymphocytes est nette.

Le dosage des 17-cétostéroïdes urinaires, utilisé comme indice de l'activité cortico-surrénale, montre chez les sujets travaillant en milieu bruyant et éprouvant une fatigue subjective nette, un taux normal, mais oscillant d'un jour à l'autre jusqu'aux limites extrêmes de la marge considérée comme normale. BUGARD a trouvé un taux nettement abaissé dans 15 % des cas. Cet auteur a en outre exécuté la chromatographie des 17-cétostéroïdes sur colonne d'alumine selon la technique de DINGEMANS chez deux sujets ayant une excrétion journalière de 5 mg (chiffre bas) : il a ainsi constaté une chute de toutes les vagues : androgènes surrénaux, androgènes gonadiques, métabolites des gluco-corticoïdes.

Ces anomalies, constatées en phase de fatigue, se sont corrigées parallèlement à la récupération des forces, glycémie redevenue normale, éosinophilie relevée à des chiffres normaux, voire élevés, test de Thorn positif avec une chute éosinophilique de 75 à 80 % en quatre heures ; chromatographie des 17-cétostéroïdes évoluant parallèlement à la récupération physique.

Mais si les altérations biochimiques ainsi constatées sont jugées trop faibles et si elles ne permettent pas d'affirmer que le bruit agit sur l'équilibre endocrinien, au moins pouvons-nous dire que « le système anté-hypophyso-surrénal ne reste pas indifférent à l'action globale et non spécifique des agressions propres au métier » (BUGARD). Le bruit intense et prolongé huit heures par jour se comporte comme un facteur d'agression, détermine un syndrome comparable au syndrome d'alarme, et sans doute aussi celui-ci peut-il évoluer, comme le veut la théorie de Selye, vers une adaptation plus ou moins satisfaisante, ou, risquant de dépasser son but, de créer ces curieuses affections de système si diverses du point de vue anatomo-clinique, mais cependant apparentées par un mécanisme commun.

Il apparaît que s'il y a atteinte cortico-surrénale, et bien des faits portent à le croire, celle-ci reste réversible, en tous cas fort éloignée des grandes insuffisances de type addisonien ; l'habituelle négativité de la réaction de Donaggio en est une nouvelle preuve (1).

L'expérimentation sur l'animal confirme les constatations biocliniques faites chez l'homme soumis au traumatisme acoustique répété et prolongé. Chez le chien soumis aux ultra-sons, 25 kC/s, 130 dB, apparaît une élévation importante du taux des éosinophiles circulants, suivie, quatre heures après la fin de l'agression sonore, d'une éosinopénie, d'une lymphopénie, d'une polynucléose neutrophile. A cette phase correspond une hyperactivité thyroïdienne, cortico-surrénalienne intéressant particulièrement la zone fasciculée et anté-hypophysaire avec augmentation numériques des cellules alpha et disparition presque totale des chromophobes (MILNE, 1948-1949 ; BUGARD). Chez le lapin soumis au bruit, on trouve une hyperactivité notable de la surrénale, avec éosinopénie et lymphopénie, légère hyperglycémie. Lorsque le stimulus sonore est prolongé plusieurs mois, le lapin ne présente plus ni réactions hématologiques, ni réactions endocriniennes ; l'état général de l'animal étant conservé, il ne saurait s'agir d'un épuisement hormonal, d'autant plus qu'à d'autres incitations que le stimulus sonore, il répond par des décharges hormonales. Mais il existe une surdité qui empêche évidemment le bruit d'agir ; celui-ci semble d'ailleurs avoir perdu son effet avant que la surdité ne se soit établie.

Avec une sirène ultra-sonore de 170 décibels, on observe chez le lapin l'apparition de brûlures cutanées, d'une hyperthermie centrale

(1) Réaction de Donaggio : présence dans l'urine des sujets atteints de fatigue aiguë d'une substance dite d'obstacle, mucoprotéine contenant l'exosamine, caractéristique du syndrome d'alarme. Les glycocorticoïdes négativent la réaction, les hormones prophlogistiques font apparaître la substance d'obstacle dans les urines.

à 45°, de la polypnée, des convulsions, des paralysies, suivies de mort de l'animal. L'effet mortel peut également être obtenu par des sons aigus audibles de niveaux considérables ; c'est alors non pas la fréquence, mais l'énergie acoustique qui intervient, énorme, en se transformant en chaleur au sein des tissus vivants.

Mais il faut reconnaître que les recherches de BONVALLET n'ont pas abouti à l'affirmation de la transmission du stimulus acoustique à l'hypophyse. Par contre, les expériences de SÉLYE ont montré que chez le rat médullo-surrénalectomisé ou chez qui le système sympatho-surrénalien avait été modifié par des moyens médicamenteux, le bruit provoque une hyperactivité cortico-surrénale que traduit le test de Sayers (1). Lorsque chez le rat l'hypophyse a été privée en partie au moins de son pouvoir corticotrope, le bruit ne provoque plus chez lui la déplétion de l'acide ascorbique surrénal.

L'action du bruit paraît donc surtout emprunter des mécanismes de stimulation hypophysaire, que ce soit par voie nerveuse, ou par voie humorale ; ces deux mécanismes doivent pouvoir intervenir isolément, indépendamment, en face de l'agression sonore qui met en route les défenses de l'organisme.

Que notre comparaison du traumatisme sonore et du syndrome d'alarme de Sélye soit ou non adoptée, il n'en demeure pas moins, l'observation et l'expérimentation le prouvent, que le seul bruit est susceptible de créer des désordres profonds, fonctionnels et organiques, locaux — auditifs — et généraux — neurologiques et endocriniens. La preuve semble faite de la nocivité du bruit, et du bien-fondé de l'étiologie de certains syndromes observés chez les sujets travaillant en milieu bruyant, ou condamnés à y vivre leurs heures de repos.

(1) Test de Sayers : dosage colorimétrique de l'acide ascorbique surrénal.

CHAPITRE V

Déductions pratiques

Nous espérons avoir démontré que le bruit tel que la vie moderne le conditionne, exerce sur l'organisme humain tout entier — et non pas seulement sur l'appareil auditif — une action néfaste qu'il convient de réduire au minimum. Compte tenu de l'accoutumance, le citadin, l'ouvrier doivent être protégés par une série de mesures qui ont déjà fait l'objet d'une législation particulière, mais qui doivent être étendues, améliorées, et poussées dans tous les domaines de l'activité humaine : heures de travail, heures de loisir, heures de repos.

Ces mesures nous paraissent devoir être prises dans cinq directions différentes :

- 1° L'éducation, la discipline du public.
- 2° Un équipement particulier permettant la réduction des bruits professionnels considérés jusqu'ici comme inévitables.
- 3° La construction systématique de locaux insonorisés.
- 4° La création de zones de silence permettant de véritables cures de récupération.
- 5° L'extension et l'application rigoureuse d'une législation du bruit.

1° L'EDUCATION, LA DISCIPLINE DU PUBLIC

C'est un point sur lequel il semble qu'on n'insiste pas assez. Les éducateurs, les parents, les responsables de collectivités, depuis le chef scout jusqu'au chef de service et au chef d'atelier, devraient s'efforcer d'obtenir le minimum de bruit : la démarche bruyante, les portes claquées, les interpellations et conversations à voix forte constituent une source de décibels impressionnante autant qu'inutile. Le rôle de l'éducation n'est pas illusoire, et nous avons signalé plus haut combien un Français trouve une plage anglaise ou hollandaise silencieuse, une plage italienne bruyante. Les mères françaises ont pour

tendance de harceler de loin leurs enfants, qui s'habituent dès le jeune âge au ton de voix élevé. Quel contraste avec la jeune Hollandaise de bonne éducation qui marche sur la pointe des pieds, et ouvre et ferme sans aucun bruit les portes !

De même, l'idée doit être ancrée dans le public que « la liberté n'a de limites qu'à partir du moment où elle entrave celle du voisin » : notion qui figure dans la *Déclaration des Droits de l'Homme et du Citoyen*. Autrement dit, chacun a le droit de recevoir des amis, de parler fort ou de chanter, de faire de la musique, de nuit et de jour, mais dans la limite où le bruit n'est pas perçu du voisinage. Il en est de même de la circulation diurne et nocturne des véhicules motorisés. Il ne faut pas que la vie collective imposée par les immeubles modernes se transforme en supplices réciproquement infligés et subis, en guerre ouverte entre voisins. Nous avons dit plus haut combien ce milieu bruyant retrouvé après une journée de travail peut être considéré comme étiologiquement responsable de bien des états de névrose déclarés ou latents.

2° EQUIPEMENT PERMETTANT LA REDUCTION DES BRUITS PROFESSIONNELS REPUTES INEVITABLES

Ce problème peut être résolu d'une part par la mise au point et l'utilisation de matériels spécialement conçus pour en réduire le bruit : les machines à écrire silencieuses, les standards téléphoniques dont la sonnerie a été remplacée par une signalisation lumineuse sont passés dans le domaine courant. Nous ne nous y attarderons pas. Certains chefs d'entreprise objecteront que pour doter leurs usines de machines modernes silencieuses, il faut d'énormes capitaux. Mais chaque fois qu'il s'agit d'une acquisition nouvelle, d'une transformation les efforts doivent s'orienter vers la réduction du bruit, objectif à qui n'est pas toujours attribuée son importance réelle.

Le principe de l'équipement silencieux étant admis, nous voudrions souligner le fait que chacun, dans sa petite sphère, peut réduire le bruit : la dactylo, en glissant une feuille de feutre sous sa machine ancien modèle, l'entrepreneuse, en plaçant sa machine à coudre correctement graissée sur un tapis, voire des journaux, et non directement sur le sol, autant de petits moyens qui relèvent du paragraphe précédent de l'éducation de chacun. L'échappement libre du scooter peut aisément être modifié : la législation existante qui le condamne n'est pas toujours appliquée avec la sévérité nécessaire. C'est à l'usager d'équiper sa machine.

Autre exemple d'équipement facile à réaliser, et envisagé récemment par le Conseil municipal de Paris : la garniture des poubelles

de caoutchouc ou autre substance élastique afin de réduire le tintamarre matinal du service de nettoyage.

On pourra multiplier à l'infini les cas dans lesquels il est possible, sans grands frais, de réduire notablement les bruits extérieurs et intérieurs.

3° CONSTRUCTION DE LOCAUX INSONORISÉS

Il s'agit cette fois de mesures importantes qui, si elles pouvaient se généraliser, s'appliquer à toutes les constructions nouvelles, transformeraient radicalement le problème du bruit et résoudraient un de ses principaux aspects : la lutte du bruit dans la maison.

Trop souvent encore, l'insonorisation des locaux, en particulier des locaux d'habitation, est considérée comme un luxe. Et cependant, le confort acoustique ne le cède en rien, dans l'échelle des importances, aux conditions d'aération, d'insolation, de chauffage, aux installations sanitaires, dont personne ne discute la nécessité.

Il s'agit d'une part d'employer des matériaux à faible module d'élasticité, à pouvoir sonore absorbant ; d'autre part, de prévoir une réverbération sonore judicieuse pour chaque pièce du bâtiment. Nous nous expliquons :

Dans l'habitation, deux groupes distincts de bruits sont à considérer :

- les bruits dits réguliers, ou bruits ambiants, provoqués par un grand nombre de bruits partiels dont les différences d'intensité et de rythme arrivent à se compenser pour former un niveau sonore à peu près constant. Tel sera le bruit issu d'une rue fréquentée, le murmure des voix dans une réception. En fait, les bruits réguliers comportent des bruits très divers, aigus et graves ; le bruit régulier peut également émaner d'un moteur fonctionnant sans arrêt, d'une machine, les fréquences étant alors incluses dans une marge étroite, le spectre sonore ne contenant que peu d'harmoniques ;
- les bruits dits irréguliers, les plus nocifs, qui se détachent des bruits réguliers, ambiants, en les dominant : klaxon, coups de sifflet, passage d'un avion, d'un train, etc.

Il ne s'agit pas dans l'habitation d'éliminer tous les bruits. Certains en effet sont tolérables, d'autres presque nécessaires, car ils contribuent à créer une ambiance « habitée » dont certains sujets ne sauraient se passer. Un facteur subjectif intervient donc ici ; nous dirions volontiers un facteur psychique et émotionnel. C'est ainsi que la conversation même peu bruyante émanant de la chambre d'hôtel voisine est assez intolérable, alors qu'elle est agréable dans un appar-

tement occupé par les différents membres d'une même famille : la notion d'agressivité qui se dégage d'un bruit imposé par un tiers trouve dans cet exemple toute sa signification.

Prenons l'exemple d'une conversation normale, dont le niveau sonore est d'environ 60 phones ; une porte va l'affaiblir d'environ 25 phones ; un affaiblissement de 30 phones va encore permettre de suivre une conversation bruyante, un affaiblissement de 40 phones la rend à peine audible.

Pour lutter contre le bruit par l'emploi et la disposition judicieuse de certains matériaux insonores, il faut distinguer entre les différents modes de conduction et de propagation des bruits et développer ici les notions que nous avons données brièvement au *chapitre II* :

1° IL EXISTE EN EFFET DES BRUITS DITS AÉRIENS, dont la propagation utilise les ouvertures, portes et fenêtres, indispensables. La quantité d'énergie sonore qui traverse une ouverture est proportionnelle à la surface de celle-ci, et non à la fréquence du son. Cependant, étant donné la moindre sensibilité de l'appareil auditif aux fréquences et niveaux sonores extrêmes et étant donné que le niveau physiologique (et non plus physique) du son transmis par voie aérienne décroît d'autant plus vite qu'une fréquence est plus basse, on s'isolera plus facilement des bruits aériens de basse fréquence. Cette décroissance de niveau physiologique est d'autant plus rapide que le niveau initial est plus faible (CABARAT). Les bruits seront donc affaiblis si l'on isole les pièces principales de la cuisine, de la salle de bains, par des couloirs d'accès ; toutes les dépendances étant situées de préférence dans le voisinage du mur mitoyen de l'appartement voisin, plus imperméable que les cloisons simples.

2° IL EXISTE, EN OUTRE, DES BRUITS DITS TRANSMIS PAR CONDUCTION, celle-ci étant particulièrement favorable dans les matériaux durs, les métaux, les armatures de béton armé. Plus un matériau est élastique, mieux il transmet les bruits. On saura donc choisir des matériaux multiples et aussi peu élastiques que possible.

La transmission par conduction se fait pour les bruits de rue, par l'intermédiaire du sol et des fondations ; pour les bruits d'impact, que transmettent la structure, les tuyauteries ; pour les vibrations émanées des moteurs et transmises à l'ossature de l'immeuble.

3° IL EXISTE ENFIN DES BRUITS TRANSMIS PAR LES PAROIS elles-mêmes, qui entrent en vibration, et deviennent ainsi, à leur tour, source d'énergie sonore. La cloison se comporte comme un diaphragme, comme la peau d'un tambour, l'énergie transmise atteignant son maximum pour la fréquence de résonance de la cloison, fréquence très

basse, donc transmission surtout favorable aux sons graves, et qui diminuera avec l'épaisseur de la cloison. Cependant, entre la masse de la cloison et l'affaiblissement sonore, il n'existe pas de rapport proportionnel, et si une cloison en carreaux de plâtre, pesant 100 kg au m², affaiblit de 30 phones, un mur en pierre de taille de 40 cm, pesant 900 kg au m², affaiblit de 55 phones. Nous pouvons déjà prévoir que pour assurer un affaiblissement satisfaisant, il faudrait des épaisseurs de cloison irréalisables ; c'est pourquoi on utilise de préférence le système des doubles cloisons, et les matériaux poreux, élastiques — feutre, fibres végétales, laine de verre — qui, mélangés aux matériaux rigides, assurent des isolements satisfaisants.

AFFAIBLISSEMENT DU SON, EN DÉCIBELS, SELON L'ÉPAISSEUR
DES DIVERS MATÉRIAUX (d'après M. BROUSSE)

<i>Nature du matériau</i>	<i>Épaisseur</i>	<i>Affaiblissement du son en décibels</i>
Liège revêtu de feutre bitumé	16 mm	25
Fibres de bois très fines	52 mm	26
Panneau en pâte de bois compressée.	19 mm	24
Feutre de laine imprégné de bitume.	5,5 mm	20
Béton à base de ponce	84 mm	11
Brique creuse en 6 cm enduite de plâtre 1 cm sur chaque face	80 mm	42
Brique pleine enduite de plâtre	68 mm	38
Carreau de plâtre	54 mm	35

Dans le cas particulier du plancher, le problème se pose de façon quelque peu différente, car le comportement acoustique ne se réduit pas uniquement à son indice d'isolement aux bruits aériens (PILON). Dans les constructions modernes avec ossature de béton armé ou métallique, l'isolement est de 45 dB ou plus, ce qui est suffisant. Mais les bruits de choc, d'impact, ne sont pas supprimés ; il s'agit cette fois de la mise en vibration directe du sol, de la transmission des ondes, avec affaiblissement très faible, aux structures solidaires du plancher, en premier lieu plafond de l'étage inférieur. On comprend que malgré un isolement sonore satisfaisant, les bruits de pas, les jeux des enfants, soient si bien perçus d'un étage à l'autre. Nous verrons plus loin que la solution est ici : soit un revêtement du parquet par une couche insonore de moquette ou caoutchouc, soit, réalisation plus difficile, la construction dite du sol flottant.

Pour réaliser l'insonorisation, il faut avant tout en réduire la nécessité, par quelques mesures de protection contre les bruits et vibrations d'origine intérieure et indépendants des habitants :

- la tuyauterie du chauffage traverse souvent des pièces d'habitation ; elle peut engendrer du bruit, qui sera supprimé si la vitesse du liquide circulant est réduite ;
- la tuyauterie de distribution d'eau, les réservoirs de chasse, les colonnes de chute, l'évacuation des eaux usées, doivent être construits et entretenus de façon adéquate ;
- les vide-ordures doivent traverser les paliers plutôt que les cuisines ;
- les gaines de ventilation communes doivent être insonorisées ;
- les moteurs d'ascenseur doivent être isolés ;
- on veillera à ce que les appareils ménagers, les pianos, les postes de radio soient isolés des cloisons auxquelles ils sont appliqués.

La protection active contre les vibrations implique une réforme des méthodes de construction, par l'introduction de discontinuités élastiques, réalisées par des matériaux à faible module d'élasticité : feuilles de plomb, agglomérés solides à base de bitume, feuilles de liège, matelas de fibres végétales ou minérales (CABARAT). Cette méthode est facile à réaliser et relativement peu onéreuse lors de la construction du bâtiment : on ne peut évidemment l'appliquer à un immeuble déjà existant. Mais même dans la construction d'immeubles neufs, la protection contre les vibrations est loin d'être réalisée, car l'ossature de béton armé, pratique et peu onéreuse, va donner des conditions sonores inverses de celles recherchées par la lutte contre le bruit. Il est facile de comprendre que, faites d'un bloc, ces constructions vont transmettre vibrations et bruits. C'est donc au niveau des fondations qu'il faut réaliser l'isolement sonore, les poteaux reposant sur des matelas dont la composition possède une grande capacité d'amortissement ; on veillera également à l'isolement des canalisations métalliques, on utilisera des joints de caoutchouc.

Pour éviter la vibration des cloisons sous l'action des basses fréquences, on utilisera, plutôt que d'alourdir exagérément les parois, les cloisons multiples séparées par une couche d'air de 10 cm environ, ou par un matelas de matériau fibreux. Pour une fréquence de 1.000 hertz, une cloison en carreaux de plâtre de 70 mm d'épaisseur donne un affaiblissement de 35 décibels : une cloison multiple assure un affaiblissement de 45 à 50 décibels. De plus, il faut veiller à ce que l'étanchéité des parois soit parfaite, ce qui n'est pas le cas pour le béton ponce, les matériaux fibreux ; par contre, un enduit de plâtre

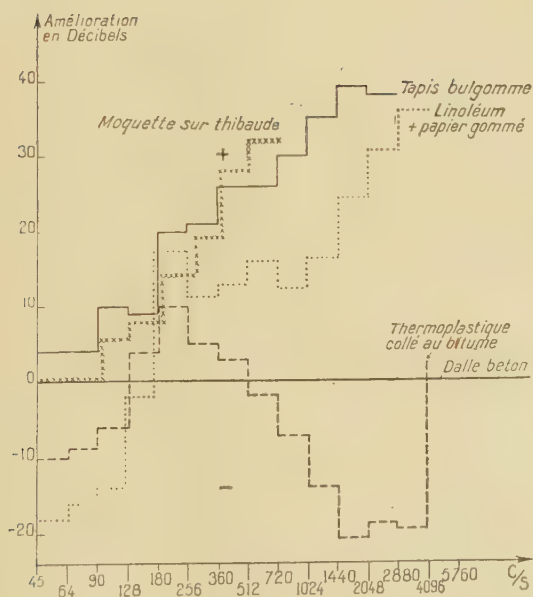
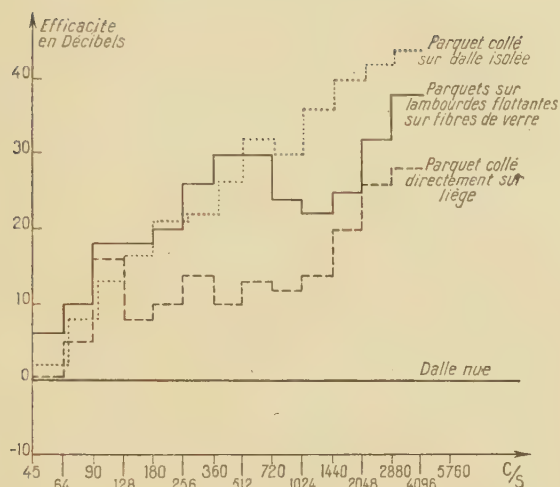


FIGURE 10*

* Extraite de « La lutte contre le bruit dans l'habitation », par M. PILON, in *Revue d'Hygiène et de Médecine Sociale* (Paris, Masson et Cie éd., 1955, t. 3, n° 1, page 49).

de 1 cm d'épaisseur renforce considérablement l'affaiblissement assuré par une cloison poreuse, cela dans les proportions d'une cloison double.

La question des planchers et plafonds isolants est également importante, car il faut à la fois un affaiblissement acoustique aux bruits aériens, et un isolement aux bruits d'impact. Le béton armé, si généralement utilisé actuellement, isole des bruits aériens, mais non des bruits d'impact. La technique du sol flottant assure des résultats comparables à ceux d'un sol insonore recouvert d'un revêtement isolant, tapis sur thibaude, bulgomme.

Le sol flottant, nous dit M. PILON, réalise un genre de montage antivibratile et antichoc ; on utilise des plôts sous les lambourdes, ou des matelas continus résilients sur lesquels sont posées les lambourdes ou coulée une dalle de répartition en béton. Nous reproduisons ci-contre les graphiques de M. PILON, montrant les améliorations en décibels par les divers procédés, en fonction du son transmis et exprimé en hertz, la dalle de béton nue étant prise pour référence, à la ligne 0. Le sol flottant ne sera efficace qu'isolé des parois verticales et des autres sols non isolés. Quant aux joints, on peut les réaliser par le matériau résilient lui-même, en remontée sous les plinthes, ou encore, par des produits de bonne plasticité.

Dernier problème enfin, celui des ouvertures. Si l'on recherche un isolement sonore parfait, cabinet de consultation, églises, les deux portes revêtues chacune de matelas absorbants constituent la meilleure solution. Voici en effet les valeurs moyennes d'isolement sonore :

Porte simple avec seuil	20 dB
Porte double avec bonne étanchéité et seuil	30 dB
Porte double indépendante avec bonne étanchéité et seuil ..	40 dB

Dans le même ordre d'idée, les fenêtres seront traitées de telle sorte qu'elles assureront le maximum d'affaiblissement du bruit :

Affaiblissement sonore

Fenêtre simple sans étanchéité	15 dB
Fenêtre simple avec bonne étanchéité	25 dB
Fenêtre à vitres doubles et bonne étanchéité ..	30 dB

A l'intérieure du local même, et ceci en particulier pour les locaux professionnels, il y a lieu de considérer la *réverbération sonore* et d'y remédier. On sait, en effet, que dans un local nu, dont les murs sont enduits de plâtre ou de ciment, tout bruit isolé, toute parole, donnent lieu à une persistance décroissante de l'énergie sonore. Cette réverbération peut être mesurée objectivement par un dispositif de microphones et d'enregistrement. Il s'agit des réflexions multiples des ondes

sonores sur les murs, une partie de l'énergie sonore étant cependant absorbée par la paroi (sans quoi le son persisterait indéfiniment et sans décroître). C'est donc sur ce pouvoir absorbant de la paroi que va reposer la correction de la réverbération. Le coefficient d'absorption de la paroi est représenté par le rapport entre énergie absorbée et énergie reçue par m^2 , et varie entre 0 et 1. Le marbre, le ciment, le plâtre, très réfléchissants, ont un coefficient d'absorption faible, 0,02 à 0,05 ; les matériaux fibreux, poreux, matelas de fibres de verre, d'amiante, feutre, ont un coefficient d'absorption élevé, 0,7 pour les basses fréquences, 0,8 pour les fréquences élevées. Les fortes épaisseurs de certains matériaux fibreux ont un coefficient d'absorption voisin de 1.

A côté de l'importance de l'absorption de la réverbération, il faut en considérer le temps ; un temps de réverbération ne doit pas être trop grand, faute de quoi chaque syllabe empiète sur la syllabe suivante par prolongement de la réverbération. Un temps de réverbération trop court n'est pas non plus agréable, et donne une impression de « chambre sourde ». Le temps de réverbération idéal est calculé en fonction du volume de la pièce, et est réalisé par les revêtements absorbants sur les murs et plafonds. Ce problème d'acoustique prend toute son importance dans les salles de concert, les auditoriums, les salles d'enregistrement de disques, d'émissions radiophoniques. L'acousticien dispose des moyens d'absorber les sons selon leur fréquence. Mais la correction de la réverbération est également primordiale dans les locaux industriels, les ateliers, les bibliothèques, car c'est un moyen élégant de réduire le niveau sonore à sa source, et de limiter par conséquent les mesures plus complexes de protection contre le bruit.

4° CREATION DE ZONES DE SILENCE CURES DE SILENCE

La lutte contre le bruit étant considérée comme efficacement réalisée à l'intérieur des locaux, et un certain niveau sonore restant inévitable dans les agglomérations urbaines, on peut concevoir, ce qui a déjà reçu un commencement d'exécution, la création de zones de silence, dans lesquelles seront édifiées certaines constructions sanitaires, recevant des sujets dont l'état commande, de façon temporaire ou définitive, l'éloignement du bruit.

Evidemment, bien des problèmes d'urbanisme cherchent actuellement des solutions d'attente ; l'extension de nos villes est responsable de cette anomalie : la présence, en pleine agglomération, d'hôpitaux, de laboratoires, de bibliothèques. Jusqu'ici, on lutte en apposant des

pancartes : SILENCE, qui abaissent de quelques décibels le niveau sonore de la rue.

Mieux vaut envisager, dans un plan d'avenir, l'édification de ces constructions loin de toute agglomération, de toute route principale. *Des cités du silence* réaliseront des stations climatiques de repos dans lesquelles le travailleur, le citadin, traumatisés par le bruit, pourront trouver une amélioration à leur état local et général.

Une station type, climatique et de repos, est actuellement à l'étude : elle serait située sur le plateau de Vaucresson, en pleine zone forestière, à 170 mètres d'altitude environ, et distante seulement de 8 kilomètres sud-ouest de Paris (R. PUGET). C'est une solution d'avenir à multiplier près des grands centres.

Tout d'abord, il faut envisager, avec J.-M. BERT, la lutte contre le bruit dans les stations thermales et climatiques déjà existantes. La cure thermale comporte divers facteurs, au nombre desquels le repos, le changement de vie, les distractions apaisantes, entrent comme compléments du traitement hydrominéral proprement dit. MM. VILLARET, JUSTIN-BESANÇON ont montré l'action pharmacologique des eaux thermales, sans toutefois éliminer la part du climat psycho-sensoriel intervenant dans les améliorations et guérisons. Un terme à la mode, la relaxation, exprime bien ce qu'il faut que la station thermale assure à son « client » : détente psychique, sensorielle aussi, motrice enfin. Or, le bruit non seulement s'oppose à la relaxation, mais encore crée, nous l'avons vu, une véritable agression psycho-somatique. Celle-ci aura des répercussions d'autant plus grandes que le sujet justiciable de la cure est déjà de résistance amoindrie : enfant ou adolescent, spasmodique ou allergique ; intoxiqué par une affection rénale ou hépatique ; hypersensibilisé par un déséquilibre neurovégétatif ; enfin le curiste fragilisé par une affection cardiovasculaire.

Le repos, élément important de la cure, ne s'accommode pas d'une ambiante bruyante. On connaît aussi toute la valeur thérapeutique du silence, appliqué avec succès chez les bacillaires.

Le programme à appliquer à « l'insonorisation des stations thermales et climatiques » doit viser :

à diminuer de façon générale les bruits diurnes, surtout les bruits intenses, prolongés, pénibles, réalisés par les moteurs, avertisseurs, sirènes, haut-parleurs, musique foraine, postes de radio ;

— à supprimer totalement tous les bruits nocturnes.

Ce programme, partout nécessaire, est indispensable dans les stations où l'on traite des malades à tendance spasmodique ou névropathique, à manifestations cardio-vasculaires, respiratoires, neuro-mus-

culaires. Un effort d'insonorisation des stations thermales et climatiques s'est déjà ébauché à Vittel, à Evian. Partout, en urbanisme, on doit chercher à séparer la ville artisanale et industrielle des quartiers résidentiels, ceux-ci étant encore, malheureusement, synonymes de quartiers luxueux. Une solution est donnée actuellement, au moins en partie, au problème, par la nécessité où l'on se trouve d'édifier les nouveaux immeubles à la périphérie des villes et même en banlieue proche ou éloignée. Dans le choix de l'emplacement de ces nouvelles agglomérations, il faudra tenir compte des bienfaits de la cure de silence, non plus seulement quinze jours par an, mais douze heures par jour.

Pour terminer ce paragraphe consacré au couple repos-silence considéré comme conservateur d'équilibre nerveux, on peut dire schématiquement que tout sujet obligé de travailler ou de vivre dans une ambiance bruyante, devrait pouvoir prendre un repos musculaire et auditif, sous un triple aspect :

- chaque année : le moment des vacances ;
- chaque fin de semaine : les vingt-quatre ou quarante-huit heures de congé hebdomadaire ;
- et même chaque jour : un quart d'heure ou une demi-heure de décontraction totale dans une pièce calme, avant ou après le repas de midi et avant celui du soir.

Pour les vacances et la fin de semaine, ce repos sera complété par le grand air et éventuellement, pour les deux détente quotidiennes, par quelques thérapeutiques simples comme les massages et l'oxygénothérapie.

5° LA LEGISLATION DU BRUIT

L'application des mesures légales existantes, et qui rentre dans le cadre de l'éducation du public pour la lutte contre le bruit, améliorerait déjà nettement la situation. Malheureusement, la plupart des décrets demeurent lettre morte, inobservés par la population, mais aussi sans traduction pénale de la part des autorités. Seule, l'interdiction du klaxon dans les villes a trouvé de la part des automobilistes un accueil des plus favorables, et les représentants de l'ordre n'ont pas eu à sévir pour la faire appliquer. Rappelons qu'il s'agit du nouveau code de la route, en date du 14 juillet 1954, dont les articles 32, 33, 34, 70 et 225 mettent à la disposition des autorités les moyens légaux d'interdire les bruits des véhicules.

Les bruits de la circulation ont déjà fait l'objet de dispositions municipales et nationales, depuis la loi de 1884. C'est ainsi qu'un décret en date du 24 mars 1914 et concernant la navigation, avait

ordonné l'interdiction « d'employer sans nécessité les signaux destinés à protéger la circulation, et notamment de faire abus des signaux sonores ».

Le décret du 5 décembre 1914, qui fut complété par le décret du 21 juin 1927, avait prescrit que « les bateaux automobiles doivent être munis de pots d'échappement ou de tout autre dispositif rendant l'échappement silencieux ».

Cette disposition a été prise pour les véhicules dans toutes les municipalités, sans être toujours suffisamment appliquée.

Dans le Code pénal, figure l'article 473/8° qui « punit d'une amende de 11 à 15 francs inclusivement, en principal, décimes en sus, et pouvant même selon les circonstances, comporter aux termes de l'article 480/5° du Code pénal, une condamnation à l'emprisonnement de cinq jours au maximum, les auteurs ou complices de bruits ou tapages injurieux ou nocturnes, troublant la tranquillité des habitants ».

Intéressante également est la loi du 19 décembre 1917 sur les manufactures, fabriques et ateliers dangereux, incommodes, ou insalubres. Cette loi permet de lutter tout spécialement contre les bruits dits « bruits industriels », le principe de la surveillance administrative étant admis pour tous les établissements industriels et commerciaux « qui présentent des causes de danger ou des inconvénients soit pour la sécurité, la salubrité ou la commodité du voisinage ». Ainsi, la législation envisage davantage les inconvénients des bruits industriels pour le voisinage, que pour le personnel ouvrier exposé encore plus directement. L'article 1.382 du Code civil peut encore être utilisé pour la protection contre le bruit par l'application du principe suivant : « Tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage, oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer ».

Pour réglementer et diminuer les bruits à l'intérieur des ateliers et des usines, l'Institut National de Sécurité dispose d'une Commission des Bruits et Vibrations, dont les travaux doivent aboutir à des instructions guidant les entreprises dans la réalisation de l'insonorisation. On peut souhaiter qu'un jour ces instructions soient transformées en lois, projet actuellement envisagé par la Finlande.

En date du 25 juin 1953, la Conférence Internationale du Travail à Genève a adopté une « Recommandation pour la santé des travailleurs », demandant, entre autres, la protection de ceux-ci contre les bruits et vibrations.

Une Commission étudie actuellement les moyens de remédier aux bruits émanant des aéroports placés dans le voisinage des villes.

Les lacunes de l'actuelle législation ont été reconnues, puisqu'un projet de loi a été déposé dans ce sens le 6 octobre 1953 sur le bureau

de l'Assemblée nationale, avec, pour buts essentiels, la réglementation des bruits de la circulation — en partie réalisée depuis avec la suppression des avertisseurs sonores — mais, aussi, l'insonorisation des matériels bruyants utilisés dans les usines et établissements commerciaux. Une commission interministérielle devra se charger de toutes les études nécessaires et de l'élaboration des textes et décisions renforçant la lutte contre le bruit sous tous ses aspects.

Nous avons vu que le bruit pouvait, dans certaines conditions, être considéré comme à l'origine de certains états pathologiques et, en particulier, de certaines surdités dites professionnelles. Quel est l'aspect médico-légal de ces affections ?

En France, nous ne disposons pas encore de mesures de réparation du dommage professionnel auditif subi, alors qu'elles existent dans certaines législations à l'étranger. Naturellement une indemnisation ne pourra être envisagée que le jour où un examen audiométrique sera obligatoirement effectué lors de l'embauche dans un métier comportant des traumatismes sonores certains. Cependant citons le décret du 19 octobre 1953 qui rend obligatoire pour les médecins, la déclaration, en vue de la prévention de la surdité, pour les professions suivantes : chaudronniers, riveurs, batteurs de cuirs.

La lutte contre le bruit demeure à l'ordre du jour sur tous les plans : municipal, national, international. Des règlements existent en ce qui concerne les instruments de musique, les feux d'artifices, les tirs d'armes à feu, les sonneries de cloches, les « bruits provenant de certaines professions », les bruits industriels, les sirènes, les moteurs, la T.S.F., le battage des tapis, les fêtes foraines. Mais ces mesures sont souvent restées lettre morte, et il faut les rénover, les renforcer. La Société des Nations s'était occupée de la protection contre le bruit. Les Congrès d'Hygiène y consacrent périodiquement leur ordre du jour. L'Académie de Médecine a, à plusieurs reprises, été saisie de vœux émanant en particulier de Monsieur le Professeur PORTIER. Les laboratoires du Conservatoire national des Arts et Métiers ont effectué maintes recherches tant sur les effets du bruit que sur la valeur des matériaux insonores.

Il faut grouper et coordonner ces efforts louables, mais dispersés, afin que conjointement soit menées :

- la lutte contre la production des bruits évitables ;
- la protection contre les bruits inévitables ;
- l'étude du remplacement des signaux sonores par des signaux d'autre nature.

Ainsi verrons-nous un rendement professionnel accru et une amélioration certaine du niveau de santé des populations urbaines.

« Il n'est trésor que de vivre à son aise. »

(F. VILLON)

Conclusions

I. — La mécanisation généralisée qui marque notre civilisation entraîne une intensification du bruit, aussi bien dans les agglomérations urbaines que dans les locaux commerciaux et industriels et les habitations. Si cette mécanisation à outrance assure indiscutablement une amélioration de vie par le confort qu'elle fournit, elle est également à l'origine d'inconvénients notables, dont le médecin peut souvent mesurer les fâcheuses répercussions chez ses malades.

II. — L'étude physique des bruits par la détermination objective de leurs paramètres ne saurait être dissociée de l'étude du comportement de l'organe auditif qui recueille et apprécie les bruits, et de plus les transmet aux centres supérieurs chargés de l'élaboration de la sensation auditive.

III. — L'expérimentation, les recherches cliniques, ont démontré que la perception du bruit déclenche des réactions physiologiques en cascade, mais ont également apporté la preuve qu'un bruit trop intense, trop prolongé, trop répété, ou encore dont l'agressivité dépend de son caractère inattendu, et désagréable, risque de provoquer un déséquilibre fonctionnel susceptible d'aboutir à des lésions organiques irréversibles locales, mais aussi générales. Le traumatisme sonore est capable, au même titre que toute autre agression physique, chimique ou psychique, de réaliser un état pathologique que nous nous croyons autorisé à rattacher au syndrome de Sélye, réaction d'alarme, et aux maladies de l'adaptation.

IV. — Il existe des preuves objectives, fournies par les dosages biochimiques, de la nuisance du bruit, qui pour nous est à l'origine de maints états de nervosisme, d'hyperexcitabilité, d'insomnie, de troubles du caractère et de l'humeur, couramment rencontrés en médecine, et dont la cause première, le bruit — en milieu professionnel ou familial — n'est généralement pas reconnue.

- V. — Il devient donc indispensable de lutter contre le bruit :
- par l'éducation du public ;
 - par un équipement insonore ménager, industriel, commercial ;
 - par l'insonorisation des locaux de travail et d'habitation ;
 - par la création de zones de silence ;
 - enfin par l'extension et l'application de la législation contre le bruit, fort heureusement amorcée par la suppression des avertisseurs sonores, et qui doit s'étendre à toutes les activités humaines.
-

Vu, le Doyen :
BINET

Vu, le Président de Thèse :
DEPARIS

Vu et Permis d'imprimer,
le Recteur de l'Académie de Paris :
SARRAILH

Bibliographie

- BERNARDIN (C.). — Le bruit, danger social. (*Thèse*, Toulouse, 1938, n° 10.)
- BONAIN (A.). — L'oreille et ses maladies. (Paris, Doin et Cie éditeurs, 1933.)
- BACQ (Z.M.). — Principes de physio-pathologie et de thérapeutique générales. (Paris, Masson et Cie éditeurs, 1950.)
- BARRON (C.I.), POOLE (F.E.). — Industrial noise: its effect and control. (*Am. Journ. Publ. Health*, juin 1952, XLII, pp. 705-710.)
- BERT (J.M.). — La lutte contre le bruit dans les stations thermales et climatiques. (XXXIV^e Congr. Hyg. Paris, 25 octobre 1954.)
- BIRAGUE (C.). — L'oreille humaine et le travail. (*Soc. Méd. Travail*, Toulouse, 13 novembre 1954.)
- BLUMENAUER (G.). — Noise. (*Journ. Am. Med. Assoc.*, 10 juillet 1954, CLV, p. 1.007.)
- BUGARD (P.J.). — Mesure des seuils de sensation vibratoire chez l'homme. (*Journ. Physiol.*, 1952, XLIV, pp. 230-233.)
- BUGARD (P.), SOUVRAS (H.), VALADE (P.), COSTE (E.), SALLE (J.). — Troubles auditifs chez le personnel de construction des moteurs d'avion. (*Sem. Hôp. Paris*, 1953, XXIX, pp. 3.299-3.312.)
- BUGARD (P.). — Action des bruits intenses sur les systèmes endocrinien et nerveux. (*Presse Méd.*, 2 avril 1955, LXIII, pp. 493-494.)
- CABARAT (M.). — Lutte contre le bruit dans l'habitation. (XXXIV^e Congr. Hyg. Paris, 25 octobre 1954.)
- CALVET (J.). — L'analyse des bruits et la détection des ultra-sons. (*Soc. Méd. Travail*, Toulouse, 13 novembre 1954.)
- CANAC (F.), BLADIER (B.). — Sur la nuisance du bruit décelé par les potentiels recueillis en dérivation bi-occipitale. (*C.R. Acad. Sc.*, 15 novembre 1954.)
- CHAVASSE (P.). — Physique du bruit. (XXXIV^e Congr. Hyg. Paris, 25 octobre 1954.)
- DELAY (J.). — La psycho-physiologie humaine. (Paris, Presses Universitaires de France, 1954.)
- DAVIES (F.G.). — Noise and the public health. (*Journ. Roy. San. Inst.*, janvier 1953, LXXIII, pp. 46-53.)

- DRÉAN (J.). — La lutte contre le bruit. (*Thèse*, Paris, 1955, 42 p., impr.)
- DICKSON (E.D.D.). — Effects of intense sound and ultrasound on ear. (*Proc. Roy. Soc. Med.*, mars 1953, XLVI, pp. 139-148.)
- FALCONNET (P.), PORTMANN (M.), ALAVOINE (J.). — Tests de fatigabilité auditive et prophylaxie du traumatisme sonore. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- FAURE (J.), PORTMANN (M.). — Potentiels auditifs évoqués chez l'homme. (*Soc. Oto-Neuro-Ophthalm.*, Bordeaux, 6 mars 1955.)
- GALLAGHER (J.B.), GOODWIN (J.E.). — Temporary changes in acuity of human ear following exposure to intense noise. (*Arch. Industr. Hyg.*, octobre 1952, VI, pp. 332-338.)
- GAVINI (H.). — Influence de sons purs à diverses fréquences et intensités sur le seuil auditif binaural. L'efficiencia dans quelques tests. (*Travail Humain*, juillet-décembre 1952, XV, pp. 304-312.)
- GRANDPIERRE (R.), GROGNOT (P.). — Quelques considérations sur le syndrome général dû aux bruits. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- GRANDPIERRE (R.), GROGNOT (P.), CHOMÉ (J.). — Protection contre les bruits dus aux avions. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- JUNGSMANN (H.), VENNING (P.). — Radiologic investigation of stomach changes following loud auditory stimulus. (*Brit. Journ. Radiol.*, avril 1952, XXV, pp. 202-208.)
- KRYTER (K.D.). — The effects of noise on man. (*Journ. Speech. Hearing Dis.*, septembre 1950, suppl. 1.)
- LE BOURDELLES (B.), BESSON (A.). — La lutte contre le bruit. Aspects généraux réglementaires. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- MADURO (R.), LALLEMANT (M.), TOMATIS (A.). — Altérations spécifiques au niveau des organes de la perception selon les bruits. (*Rapport Congr. Soc. Fr. O.R.L.*, 1952.)
- MAULME (D.). — Le bruit, ses effets physio-pathologiques. Les moyens de lutte contre le bruit. (*Thèse*, Paris, 1949, dactyl.)
- MEYER (A.F. Jr), PETERSON (R.L.), BELL (H.E.). — Noise as a factor in health. (*Am. Journ. Publ. Health.*, août 1953, XLIII, pp. 978-988.)
- MADURO (R.). — Les surdités professionnelles. (*Cours International d'Audiologie Clinique*, Paris, février 1952.)
- MOLES (M.). — Existe-t-il une solution d'urbanisme au problème du bruit dans les villes, (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- PETIT (P.). — Le bruit et ses effets dans la vie moderne. (*Thèse*, Paris, Le François édit., 1936, 55 p.)
- PILON (M.). — Lutte contre le bruit dans l'habitation. (*XXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- PORTMANN (M.), PORTMANN (Cl.), BURUOIA. — Action des moteurs à réaction sur l'appareil auriculaire. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)

- PUGET (R.). — Organisation d'une défense contre le bruit par la création de stations climatiques de repos. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- RAES (M.). — Conclusions de vingt ans de lutte contre les bruits. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 25 octobre 1954.)
- RAYMOND (F.). — Surdité professionnelle. (*XXXIV^e Congr. Hyg. Paris*, 26 octobre 1954.)
- RIVOIRE (R.), RIVOIRE (J.), POIJOL (J.). — La fatigue, syndrome d'insuffisance surrénale fonctionnelle. (*Presse Méd.*, 4 novembre 1953, LXI, pp. 1.431-1.433.)
- SHIRALA (U.). — Noise legislation. (*Acta Otolaryng.*, 1952, XLI, pp. 111-117.)
- TALBOT (J.M.). — Breaking the sound barrier and its effect on the public. (*Journ. Am. Med. Assoc.*, 27 août 1955, CLVIII, pp. 1.508-1.512.)
- TRÉMOLIÈRES (F.), BESSON (A.). — Les méfaits du bruit. (*Bull. Acad. Méd.*, 11 janvier 1955.)
- TUPIN (M.). — Manifestations auriculaires et ultra-sons. (*Soc. Laryng. Hôp. Paris*, 21 mars 1955.)
- VINCENT (P.). — Action du bruit sur l'organisme... (*Thèse*, Paris, 1944, 36 p., dactyl.)
- WALMER (C.R.). — Problem of noise in industry; urgent, imminent, fraught with danger. (*Industr. Med. Surg.*, mai 1953, XXII, pp. 202-210.)
- Conférences sur les problèmes des bruits industriels. (*Arch. Industr. Hyg.*, février à mai 1952, V, pp. 97-137.)

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I — Introduction	1
CHAPITRE II — Etude physique	5
CHAPITRE III — Rôle néfaste du bruit dans la vie courante	13
CHAPITRE IV — Etude physiopathologique	19
<i>Retentissement auditif du bruit</i>	27
<i>Retentissement sur le système nerveux</i>	31
<i>Retentissement sur les différents appareils et organes</i>	34
CHAPITRE V — Dédutions pratiques	39
<i>L'éducation, la discipline du public</i>	39
<i>Équipement permettant la réduction des bruits professionnels réputés inévitables</i>	40
<i>Construction de locaux insonorisés</i>	41
<i>Création de zones de silence. Cures de silence</i>	47
<i>La législation du bruit</i>	49
CONCLUSIONS	53
BIBLIOGRAPHIE	55

